



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE LARANJEIRAS DO SUL
CURSO DE AGRONOMIA**

ELIVELTON MENDES LOPES

**INFLUÊNCIA DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* E HORMÔNIOS REGULADORES
DE CRESCIMENTO NO DESEMPENHO AGRONÔMICO E ECONÔMICO DE
*TRITICUM AESTIVUM***

LARANJEIRAS DO SUL

2014

ELIVELTON MENDES LOPES

**INFLUÊNCIA DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* E HORMÔNIOS REGULADORES
DE CRESCIMENTO NO DESEMPENHO AGRONÔMICO E ECONÔMICO DE
*TRITICUM AESTIVUM***

Trabalho de conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção de grau de
Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul.

Orientador: Prof. M.Sc. Henrique von Hertwig
Bittencourt

LARANJEIRAS DO SUL

2014

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Lopes, Elivelton Mendes

Influência de *Azospirillum brasilense* e hormônios reguladores de crescimento no desempenho agrônomo e econômico de *Triticum aestivum*/ Elivelton Mendes Lopes.
-- 2014.

64 f.:il.

Orientador: Henrique von Hertwig Bittencourt.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Agronomia, Laranjeiras do Sul, PR, 2014.

1. Cultura de Lavouras. 2. Fixação Biológica de Nitrogênio. 3. Reguladores de Crescimento Vegetal. 4. Produtividade. 5. Viabilidade Econômica. I. Bittencourt, Henrique von Hertwig, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ELIVELTON MENDES LOPES

**Influência de *Azospirillum brasilense* e hormônios reguladores
de crescimento no desempenho agrônômico e econômico de
Triticum aestivum L.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito
para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia com Ênfase em
Agroecologia da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Laranjeiras
do Sul (PR)

Orientador: Prof. M.Sc. Henrique von Hertwig Bittencourt

Aprovado em: 10/12/2014

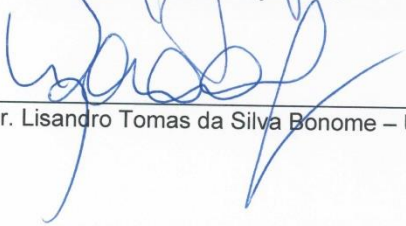
BANCA EXAMINADORA



Prof. Ms. Henrique von Hertwig Bittencourt



Prof. Dr. Rubens Fey- UFFS



Prof. Dr. Lisandro Tomas da Silva Bonome – UFFS

Deus primeiramente,

À minha família e em especial minha mãe,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela força, saúde e fé para não desistir do meu sonho e objetivo,

A minha mãe, que sempre me apoiou, incentivou e fez de tudo para mim, mesmo nos momentos difíceis pelos quais passamos na vida, foi ela quem sempre esteve ao meu lado desde que vim ao mundo,

Ao meu pai que nunca ensinou-me nenhum vício maléfico para minha vida,

Ao meu irmão, pela parceria, amizade, companheirismo, ajuda financeira em momentos delicados pelo qual passei,

Ao meu tio Claudemir Mendes do Carmo, pelos livros que compraste para mim e principalmente por sempre incentivar-me nos estudos,

Ao meu professor e orientador Henrique von Hertwig Bittencourt, pela amizade, companheirismo, conselhos, estágio e principalmente pelo conhecimento transmitido,

Ao professor José Francisco Grillo pelo auxílio e disponibilidade na classificação do solo da área experimental,

Ao professor Diego dos Santos pelo auxílio e disponibilidade para sanar minhas dúvidas sobre dados estatísticos e de experimentação agrícola,

Ao pesquisador do IAPAR e meu supervisor de estágio Pedro Celso Soares da Silva pela orientação e transferência de conhecimento,

À Universidade Federal da Fronteira Sul, que fez com que eu pudesse concluir um curso de graduação na área que sempre sonhei,

A todos meus amigos que de alguma forma ou outra contribuíram para minha formação,

A todos os professores, sem exceção que fizeram parte de minha graduação, passando-me o melhor conhecimento possível,

A todos os meus familiares que de alguma forma ajudaram-me e acreditaram em mim durante a graduação.

“Nunca eleve sua cabeça acima dos outros seja como trigo que se curva quando está maduro, mostrando que está cheio de bons frutos” (VIGHINI).

RESUMO

A cultura do trigo é exigente em Nitrogênio, sendo que sua produtividade e posterior qualidade dos grãos dependem deste macronutriente. Entretanto, a aplicação de N na forma mineral pode apresentar grandes perdas por lixiviação e volatilização, sendo que apenas cerca de 50% do N aplicado é aproveitado pelas plantas. A utilização de bactérias fixadoras de N em poáceas tem despertado a atenção dos pesquisadores nos últimos anos, sendo que dentre as bactérias em estudo temos *Azospirillum brasilense* aplicada principalmente em *Zea mays* L e *Triticum aestivum* L. A associação da bactéria ao sistema radicular das plantas permite tanto a fixação de N como a promoção de hormônios, principalmente a auxina. Isso estimula o aumento das raízes e propicia uma melhor exploração do solo, favorecendo a absorção de água e sais minerais e permitindo melhora na produtividade e qualidade de grãos. O presente trabalho teve como objetivo verificar a influência da inoculação com *A. brasilense* e da aplicação de hormônios reguladores de crescimento a base de ácido giberélico, citocinina e ácido 4-indol-3-ilbutírico no desenvolvimento e rendimento de trigo, bem como a viabilidade econômica do uso dessas tecnologias. Para tanto foram avaliadas as variáveis N° de espigas m⁻², N° de grãos espiga⁻¹, Massa de 1000 grãos, produtividade por área (Kg ha⁻¹), peso hectolítrico e também os custos de produção relacionados ao uso das tecnologias e o preço pago pelo trigo. A implantação do experimento a campo ocorreu na primeira quinzena do mês de Junho de 2014 no sítio goiabeira localizado no município de Cândói-PR, utilizando a cultivar IPR Catuara TM, de ciclo precoce, altura média, pertencente a classe de trigo melhorador. O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, com dois níveis para o fator *Azospirillum brasilense* (com e sem inoculação) e três níveis para o fator regulador de crescimento (sem aplicação, com aplicação via semente e com aplicação via foliar). Os dados agronômicos foram registrados em planilhas e submetidos a Análise de Variância Fatorial (ANOVA) e ao teste de Scott-Knott ($p < 0.10$). Mediante interpretação dos dados da ANOVA percebeu-se que houve interação entre os fatores. O uso de *A. brasilense* pode incrementar consideravelmente o rendimento desta cultivar de trigo, inclusive quando associada a aplicação do regulador de crescimento via foliar. As diferenças entre os tratamentos foram observadas nas variáveis rendimento, altura de plantas e índice de acamamento. Para o rendimento, a utilização da bactéria e do regulador via sementes resultou no menor rendimento, enquanto que o uso da bactéria associada ao regulador de crescimento aplicado via foliar no maior. Na altura de plantas o tratamento que envolveu apenas a bactéria resultou na menor estatura de planta, diferindo dos demais. Para o índice de acamamento houve diferença somente entre a testemunha e o uso do regulador de crescimento via semente sem a inoculação com a bactéria. No que diz respeito ao estudo econômico, verificou-se que o tratamento constituído apenas pela inoculação da *A. brasilense* foi aquele que demonstrou maior viabilidade econômica para as condições testadas.

Palavras chave: fixação biológica de nitrogênio, produtividade, associação simbiótica, viabilidade econômica

ABSTRACT

The wheat crop is demanding in Nitrogen, whereas its productivity and higher grain quality depends on this macronutrient. However, the application of N in mineral form can result in losses by leaching and volatilization, resulting in only about 50% of applied N being taken up by plants. The use of N-fixing bacteria in grasses has attracted the attention of researchers in recent years, and among the bacteria under study is *Azospirillum brasilense*, mainly inoculated into *Zea mays* L. and *Triticum aestivum* L. The association between the bacteria and the root system of the plants allows both N fixation and induction of hormones production, notably auxin. This causes the improvement of the root system allowing better exploitation of the soil, favoring the absorption of water and minerals resulting in improved yield and grain quality. This study aimed to evaluate the effect of the inoculation with *A. brasilense* and the application of growth regulators based on gibberellic acid, cytokinin and 4-indol-3-indolebutyric acid in the development and yield of wheat, also determining the economic viability usage of these technologies. Therefore, were made assessments of the variables Number of spikes.m⁻², Number of grains per spike⁻¹, 1000 grains weight, yield per area (Kg ha⁻¹), hectoliter weight, the production costs related to the use of the technology and the price paid for the wheat. The implementation of the field experiment was conducted in the first fortnight of June 2014 in guava site located in the municipality of Candói-PR, using the cultivar IPR Catuara TM, early cycle, medium height, belonging to enhancing wheat class. The experimental design was randomized blocks, with two levels for *Azospirillum brasilense* factor (with and without inoculation) and three levels for growth regulator factor (without application, with application via seed and foliar application). The agronomical data were recorded in spreadsheets and submitted to Factorial Analysis of Variance (ANOVA) and the Scott-Knott test ($p < 0.10$). By interpretation of the ANOVA it was observed interaction between the factors. The usage of *A. brasilense* can increase the yield of the wheat cultivar used, even when associated with application of foliar growth regulator. Differences between treatments were observed in variable yield, plant height and lodging index. For yield, the application of the bacteria and the growth regulator in seeds resulted in lower yields, while the use of the bacteria associated with the growth regulator applied to the leaves resulted in the higher yields. Plants treated only with the bacteria resulted in lower plant height, differing of other treatments. For the lodging index there was difference only between the control and the treatment with the use of growth regulator via seed without inoculation with bacteria. With regard to the economic context, it was found that the treatment constituted only by the inoculation with *A. brasilense* has shown the greater economic viability on the circumstances tested.

Keywords: biological nitrogen fixation, productivity, symbiotic association, economic viability

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Precipitação acumulada para cada período de 15 DAS (Dias Após Semeadura) do experimento realizado no Sítio Goiabeira, Candói/PR..... | 38 |
| Figura 2 – Viabilidade econômica com a flutuação no preço pago por saca de trigo (60Kg) para cada um dos tratamentos testados..... | 46 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Porcentagem de Redução de Rendimento de grãos de Trigo submetidos ao acamamento em diversas datas a partir do espigamento, com relação a plantas eretas..... | 39 |
| Tabela 2 – Média das variáveis e significância pelo teste F considerando ausência (sem) e presença (com) de Ab (<i>Azospirillum brasilense</i>) e R.C (Regulador de Crescimento), para as variáveis PH (Peso Hectolitro); NE (Número de Espigas m ⁻²); GE (Grãos espiga ⁻¹); NP (Número de Perfilhos planta ⁻¹); M1000 (Massa de Mil Grãos em gramas); AP (Altura de Plantas em centímetro); IA (Índice de Acamamento); REND (Rendimento em Kg ha ⁻¹)..... | 40 |
| Tabela 3 – Rendimento do Trigo (Kg ha ⁻¹) com e sem inoculação de <i>Azospirillum brasilense</i> via semente (100 mL ha ⁻¹) submetido a três diferentes formas de aplicação de regulador de crescimento: Sem Regulador, Via sementes (4 mL Kg ⁻¹) e Via foliar (0,25L ha ⁻¹)..... | 41 |
| Tabela 4 – Índice de Acamamento do trigo considerando: 0 (0%), 1 (1-5%), 2 (5-25%), 3 (25-50%), 4 (50-75%) e 5 (75-100% de plantas acamadas) para tratamentos com e sem <i>Azospirillum brasilense</i> submetidos a três diferentes formas de utilização do Regulador de Crescimento; Sem Regulador, Via Sementes (4mL.kg ⁻¹) e Via Foliar (0,25L ha ⁻¹)..... | 42 |
| Tabela 5 – Altura de Plantas de Trigo (cm) com e sem inoculação e <i>Azospirillum brasilense</i> (100 mL ha ⁻¹) submetidas a três diferentes forma de utilização do Regulador de Crescimento: Sem Regulador, Via Semente (4 mL kg ⁻¹) e Via Folia (0,25L ha ⁻¹)..... | 43 |
| Tabela 6 – Custos de produção (R\$ ha ⁻¹), Receita bruta e líquida (R\$ ha ⁻¹) para os diferentes tratamentos realizados no experimento..... | 44 |
| Tabela 7 - Receita líquida (R\$ ha ⁻¹) corrigindo-se a perda estimada de 22% de produtividade perdida devido ao clima à partir do rendimento observado nos tratamentos, preço pago por saca e custo de produção para cada tratamento..... | 45 |
| Tabela 8 - Variação na receita líquida (R\$ ha ⁻¹) para cada tratamento mediante a diferentes valores de comercialização (R\$ saca ⁻¹) e VNCCP (Valor Necessário por Saca para Cobrir os Custos de Produção)..... | 47 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

Anova – Análise de Variância

ADP – Adenosina Difosfato

AIA – Ácido 3-indolacético

AIB – Ácido 4-indol-3-ilbutírico

AP. – Altura de Plantas

ATP – Adenosina Trifosfato

C – Carbono

CCC – Cloreto de 2-cloro etil Trimetilamônia

CEPA – Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola

Conab – Companhia Nacional do Abastecimento

DAS – Dias Após Semeadura

DNA – Ácido desoxirribonucleico

e⁻ - Elétrons

Espigas m⁻² – Espigas em um metro quadrado

FBN. – Fixação Biológica de Nitrogênio

Fe – Ferro

GA₃ – Ácido Giberélico

g g⁻¹ – Gramas em uma grama

g ha⁻¹ – Gramas em um hectare

Grãos espiga⁻¹ ou GE. – Grãos em uma espiga

H⁺ - Hidrogênio

Iapar – Instituto Agronômico do Paraná

IA - Índice de Acamamento

i.a g⁻¹ – Ingrediente ativo em uma grama

i.a L⁻¹ – Ingrediente ativo em um litro

K – Potássio

Kg ha⁻¹ – Quilogramas em um hectare

L – Litros

L ha⁻¹ – Litros em um hectare

Mg - Magnésio

Mo – Molibdênio

M1000 – Massa de Mil grãos

mL ha⁻¹ – Mililitros em um hectare

mL Kg⁻¹ – Mililitros em um quilograma

mm. - Milímetros

m⁻² e m² – Metro quadrado

mRNA – RNA mensageiro

N – Nitrogênio

N₂ – Nitrogênio em forma atmosférica

NADH – Dinucleotídeo de adenina nicotinamida

NH₃ – Amônia

NH₄⁺ - Amônio

NO₃⁻ - Nitrato

Nº. – Número

Nº Perfilhos.planta⁻¹ ou NP. – Número de Perfilhos em uma planta

NE. – Numero de Espigas

O – Oeste

O₂ – Oxigênio

P – Fósforo

PH – Peso Hectolitro

Pi – Fósforo inorgânico

REND. – Rendimento

RNA – Ácido Ribonucleico

R\$ ha⁻¹ - Reais em um hectare

S – Sul

UFC mL⁻¹ – Unidade Formadora de Colônia em um mililitro

Va – Vanádio

VNSCCP. – Valor Necessário por Saca para se Cobrir os Custos de Produção

LISTA DE SÍMBOLOS

° - Graus

°C – Graus Celsius

% - Percentagem

' – Minutos

” – Segundos

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 15 |
| 2 | OBJETIVOS | 18 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL..... | 18 |
| 2.1.1 | Objetivos específicos..... | 18 |
| 3 | JUSTIFICATIVA | 19 |
| 4 | REFERENCIAL TEÓRICO | 21 |
| 4.1 | CULTURA DO TRIGO | 21 |
| 4.2 | O NITROGÊNIO..... | 21 |
| 4.3 | FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO | 23 |
| 4.3.1 | BIOQUÍMICA E FISIOLOGIA DA FIXAÇÃO DE NITROGÊNIO | 25 |
| 4.4 | FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO EM POÁCEAS | 27 |
| 4.5 | HORMÔNIOS E SUBSTÂNCIAS REGULADORAS DE CRESCIMENTO | 28 |
| 4.5.1 | Auxinas | 29 |
| 4.5.2 | Giberelinas | 29 |
| 4.5.3 | Citocininas..... | 29 |
| 4.6 | EFEITOS DE REGULADORES VEGETAIS EM TRIGO | 30 |
| 4.7 | RIZOBACTÉRIAS DO GÊNERO <i>AZOSPIRILLUM</i> | 31 |
| 5 | MATERIAL E MÉTODOS | 33 |
| 6 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 39 |
| 7 | CONCLUSÕES..... | 50 |
| | REFERÊNCIAS | 51 |
| | APÊNDICE A – Fotografias do experimento | 58 |
| | ANEXO A – Análise de solo | 62 |

1 INTRODUÇÃO

O trigo é uma cultura pertencente ao gênero *Triticum*, sendo o *Triticum aestivum* o mais cultivado e conseqüentemente produzido mundialmente devido à sua utilização na panificação: para a fabricação de pães, massas alimentícias, biscoitos, etc. Também pode ser utilizado para a alimentação de animais quando o mesmo não obtém a qualidade mínima exigida para a utilização na alimentação humana (ROSÁRIO, 2013).

A produção média de trigo (*T. aestivum*) no Brasil de acordo com a Conab (2014) é de aproximadamente 3,6 milhões de toneladas ano⁻¹, considerando o período de 1977-2013. A região brasileira que mais participa da produção do cereal é a região Sul, que na safra 2012/2013 contribuiu com 94,73% da produção nacional, tendo o estado do Paraná com a maior produção total (cerca de 2.112,5 milhões de toneladas) e com uma produtividade média de 2.730 Kg ha⁻¹. Para a safra 2013/2014 estima-se uma produção nacional de 5,5 milhões de toneladas (CONAB, 2014).

Apesar da importância da cultura, a produção brasileira ainda é incapaz de satisfazer a demanda do país. Isso pode ser explicado, em parte, pela falta de políticas de incentivo ao produtor e de garantia de preços que compensem o cultivo do mesmo. Outro fator que contribui para a baixa produção e qualidade do trigo são a falta de tecnologias acessíveis e viáveis economicamente aos agricultores menos tecnificados do país.

O trigo é uma cultura exigente em Nitrogênio (N), sendo este o macronutriente absorvido em maior quantidade pela cultura e que pode limitar a produtividade quando em quantidade insuficiente. Esse nutriente participa ativamente do desenvolvimento e crescimento da planta, determinando o número de perfilhos e posteriormente de nós a serem formados na fase de alongação (ROSÁRIO, 2013). Tais fatores são extremamente importantes na determinação do número de espigas por planta e também na área foliar da mesma, que terá ligação direta com a taxa de fotossíntese da cultura.

O fornecimento de N para o trigo em cobertura apresenta problemas como o baixo aproveitamento pela cultura, que fica próximo de 50% do fertilizante aplicado. Essas perdas estão relacionadas aos processos de lixiviação e desnitrificação que ocorrem no ciclo do nitrogênio (DOBBELAERE e CROONENBORGHES, 2002).

Vale ressaltar que não são apenas as perdas econômicas que devem ser levadas em consideração, mas também a poluição da água devido ao aumento de NO₃⁻, que propicia tanto a eutrofização de corpos d'água quanto o desenvolvimento de bactérias prejudiciais a saúde dos seres humanos (BARBOSA; CONSALTER e VARGAS MOTTA, 2012).

Nessa perspectiva, a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) pode ser uma alternativa a adubação com fertilizantes sintéticos. O processo de FBN ocorre à partir da simbiose entre as raízes das plantas e bactérias fixadoras de N e consiste na transformação do N_2 atmosférico em NH_3 (amônia) (TAIZ e ZEIGER, 2013). Posteriormente o NH_3 é transformado pela ação de enzimas em NH_4^+ (amônio), para que as plantas possam utilizar o N em seu metabolismo.

A FBN é mais comum em fabáceas devido ao fato das mesmas possuírem capacidade de simbiose com um maior número de microrganismos fixadores de N. No entanto, a FBN também é realizada em poáceas, mas com menor frequência. Em poáceas como Milho (*Zea mays*), Arroz (*Oryza sativa*) e Trigo (*Triticum aestivum*) a bactéria *Azospirillum brasilense* tem demonstrado resultados satisfatórios (ROSÁRIO, 2013). De acordo com Okon e Labandera-Gonzales (1994), cerca de 60% a 70% dos trabalhos realizados com *A. brasilense* obtiveram sucesso nos últimos 30 anos, incrementando de 5 a 30% o rendimento das culturas estudadas.

Além de auxiliar no fornecimento de N, a bactéria *A. brasilense* tem a capacidade de induzir a produção de fitohormônios reguladores de crescimento. Isso ocasiona a modificação da morfologia das raízes e influencia o crescimento da planta, permitindo explorar melhor o solo: extraindo mais água e sais minerais e tornando-se mais robusta e produtiva (ROSÁRIO, 2013). O hormônio mais produzido pelas plantas associadas a *A. brasilense* é uma auxina, conhecida como ácido 3-indolacético (AIA) (CROZIER et al., 1988), mas ela também induz a produção de citocininas (CACCIARI et al., 1989) e giberelinas (BOTTINI et al., 1989).

A fixação biológica de N possui uma contribuição importante na nutrição das plantas, favorecendo uma maior produtividade de grãos pelas mesmas. Entretanto, existem outras tecnologias que podem ser empregadas com o objetivo de melhorar a produtividade das culturas, sendo uma delas a utilização de bioreguladores a base de hormônios vegetais.

O uso de bioreguladores de crescimento tem se difundido nos últimos anos com o objetivo de melhorar o estabelecimento, desenvolvimento e principalmente a produtividade das culturas, pois quando aplicados podem desempenhar efeitos semelhantes aos hormônios vegetais endógenos (MENDES, 2011). Essas substâncias podem favorecer o desempenho de processos vitais da cultura, permitindo aumento no rendimento mesmo quando as condições ambientais não são as mais favoráveis (MARTINS e CASTRO, 1999).

O cultivo do *Triticum aestivum* L. no Brasil é atualmente uma opção pouco atrativa devido ao preço pago pelo grão aos produtores e aos altos custos para implantação e cultivo do mesmo. Os insumos são relativamente caros e a eficiência dos mesmos é diminuída no ambiente, principalmente devido as perdas do N aplicado.

Visando proporcionar uma melhor nutrição e disponibilização tanto de N quanto de substâncias que favorecem o melhor desenvolvimento da cultura, o presente trabalho objetivou verificar o efeito da associação entre uma bactéria fixadora de N com um regulador de crescimento a base de hormônios, nas características agronômicas do trigo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar o efeito do uso de bactérias fixadoras de nitrogênio e de reguladores de crescimento nas características agronômicas do trigo.

2.1.1 Objetivos específicos

- Avaliar se há sinergismo entre FBN e uso de hormônios reguladores de crescimento na cultura do trigo;
- Determinar a produtividade e qualidade do trigo pelas as variáveis N° de espigas m^{-2} , N° de grãos espiga $^{-1}$, produtividade por área ($Kg\ ha^{-1}$), N° de perfilhos planta $^{-1}$, Índice de acamamento, Altura de Plantas, Massa de 1000 grãos e PH.
- Verificar a viabilidade econômica na utilização de inoculantes e reguladores de crescimento em trigo;

3 JUSTIFICATIVA

O Brasil possui uma capacidade de produção de trigo insuficiente para suprir a demanda do produto no mercado interno. Atualmente o consumo médio de trigo no país é de 10,4 milhões de toneladas, enquanto que a produção na safra 2012/2013 foi de aproximadamente 4,3 milhões de toneladas. Isso resultou na necessidade de importação de 7 milhões de toneladas neste período, deixando o Brasil como 3º maior importador do cereal no mundo (CONAB, 2012).

Sua importância também pode ser destacada mundialmente devido ao fato de que cerca de 20% das calorias consumidas pelo homem são oriundas do trigo, com destaque para uma proteína conhecida por Glúten. Essa proteína detém certa elasticidade e é ideal para a produção de várias massas alimentícias, não sendo encontrada em outros grãos (ROSÁRIO, 2013).

Para que o trigo (*Triticum aestivum* L) possa obter uma maior qualidade é necessário dar condições para que substâncias como o glúten possam ser corretamente formadas e assim agregar maior valor qualitativo ao cereal. Existem alguns fatores ligados diretamente a isto, sendo o clima, o zoneamento, o tipo de solo, a disponibilidade de água e nutrientes para a cultura como o N (principal constituinte das proteínas) alguns dos mais importantes.

Acredita-se que as poáceas (milho, trigo, arroz entre outras) consomem cerca de 60% dos fertilizantes nitrogenados utilizados na agricultura. No entanto, eles são muitas vezes aplicados incorretamente (em falta ou excesso), ou em condições ambientais impróprias que diminuem seu aproveitamento pelas culturas, favorecendo a contaminação via eutrofização de mananciais e águas subterrâneas, ocasionando prejuízos econômicos e ambientais significativos (ROSÁRIO, 2013).

A utilização de bactérias diazotróficas endofíticas em gramíneas tem apresentado resultados satisfatórios no fornecimento de Nitrogênio na forma de FBN, diminuindo tanto os custos com a adubação mineral com N quanto a contaminação do meio ambiente. Uma destas bactérias é *Azospirillum brasilense* que é capaz de associar-se simbioticamente ao trigo, influenciando positivamente o peso hectolítrico (PH) e a produtividade da cultura (MENDES et al., 2011).

Assim como os nutrientes, os hormônios vegetais (como as auxinas, citocininas e giberelinas) são extremamente importantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas, atuando também na proteção contra intempéries climáticas. Nos últimos anos foram lançados alguns produtos comerciais à base de hormônios vegetais, conhecidos como reguladores de

crescimento ou bioreguladores, a fim de fornecer hormônios para as culturas nos momentos em que as mesmas necessitam mais dos mesmos.

Novakowski e Sandini (2010) trabalharam com um dos produtos comerciais a base de biorreguladores, e evidenciaram o incremento significativo de até 22,8% na produtividade do trigo em relação ao tratamento em que não foi utilizado o regulador de crescimento, demonstrando a eficiência do produto.

Segundo a Embrapa (2003), no Sul do Brasil existem problemas relacionados ao acamamento do trigo que limitam a produção e a qualidade do mesmo, prejudicando principalmente o estágio fenológico conhecido por antese. O acamamento pode ser controlado com a redução ou supressão da utilização de N ou com o uso de cultivares de porte baixo, mas isso geralmente acaba limitando a produtividade. Já a utilização de reguladores de crescimento têm-se mostrado eficiente no controle do acamamento do trigo (EMBRAPA, 2003), permitindo a utilização de doses maiores de N e de cultivares de porte mais elevados, que favorecem uma maior produtividade do cereal.

Levando-se em consideração as informações acima descritas, verifica-se a necessidade de se aumentar a produção e a qualidade do cereal no Brasil para tornar o país autossuficiente no produto, bem como a nível mundial, pois o mesmo tem grande importância na alimentação humana. Esse aumento na produção, entretanto, deve priorizar alternativas que melhorem o fornecimento do cereal respeitando o meio ambiente e as condições sócio-econômicas do agricultor. Nesse sentido, tanto a utilização da FBN em *T. aestivum* bem como o uso de reguladores de crescimento que auxiliam no incremento de produtividade mostram-se como opções.

Com isso o presente trabalho teve como objetivo verificar os efeitos do uso de *A. brasilense* e de um regulador de crescimento sobre os componentes agrônômicos relacionados a produtividade e a qualidade de grãos, além dos econômicos associados a viabilidade econômica do sistema de cultivo de *T. aestivum*.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 CULTURA DO TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum*) pertencente à família das poáceas, é considerada no Brasil uma cultura de inverno, sendo cultivada praticamente em todo mundo graças aos programas de melhoramento (FIOREZE, 2011). A cultura foi provavelmente uma das primeiras espécies domesticadas, sendo originária do cruzamento de poáceas silvestres encontradas nas proximidades dos rios Tigres e Eufrates, na região do crescente fértil (SILVA et al., 2000).

O *T. aestivum* é uma espécie hexaplóide ($2n = 6x = 42$ cromossomos), autógama, que possui flores perfeitas e em condições normais de cultivo apresenta baixos índices de polinização cruzada. Apresenta de seis a nove folhas dispostas de forma alternada e suas raízes são do tipo fasciculada. O colmo é cilíndrico e oco apresentando de seis a nove entrenós e suas flores surgem em espigas compostas por várias espiguetas, dispostas de forma alternada e opostas ao longo da ráquis (GURGEL, 2007).

A produção mundial desse cereal é de aproximadamente 600 milhões de toneladas.ano⁻¹, sendo a União Européia, a China, a Índia e a Rússia os principais produtores mundiais. União Européia, Estados Unidos e Rússia são os principais exportadores. O Brasil, pelo contrário, encontra-se entre os dez maiores importadores (CONAB, 2013).

4.2 O NITROGÊNIO

O Nitrogênio (N) é um elemento disperso em todo o planeta, apresentando-se tanto na forma sólida, como quando está presente na litosfera onde se encontra em rochas, no fundo dos oceanos e em sedimentos quanto na forma gasosa. O N em forma gasosa compõe 78% do total dos gases da atmosfera, que se encontra em forma diatômica N₂ não combinada. Na biosfera, 96% do N orgânico encontra-se na matéria orgânica morta e 4% em organismos vivos, sendo que desse último concentra-se predominantemente 94% do total). O restante distribui-se entre a microbiota (4%) e os animais (2%) e nas plantas (4%) (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

No solo o N encontra-se em várias formas: N₂ (11.500 Kg ha⁻¹), N-orgânico (7.250 Kg ha⁻¹), N-NH₄⁺ (10Kg ha⁻¹), N-NO₃⁻ (50 Kg ha⁻¹) e nas plantas (em torno de 250 Kg ha⁻¹). O N é o elemento que mais sofre transformações bioquímicas no solo, apresentando um

ciclo universal onde se distinguem três subciclos chamados de elementar, autotrófico e heterotrófico (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

- Subciclo elementar: Representa a conexão entre as formas vivas e os compartimentos dominantes na Terra e atmosfera, representado pela desnitrificação e fixação biológica de N_2 ;
- Subciclo autotrófico: Inclui a atividade das plantas, fotossíntese e formação de compostos orgânicos nitrogenados como substratos primários para microrganismos heterotróficos;
- Subciclo heterotrófico: Mineralização, dissipação da energia da matéria orgânica e produção de formas inorgânicas de N no solo.

O N elementar é armazenado na biomassa (animal, vegetal e microbiana) a partir do N_2 atmosférico e NH_4^+ e NO_3^- dos demais subciclos, uma porção da biomassa é transformada no reservatório de matéria orgânica morta, onde uma parte é mineralizada e outra estabilizada (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

A quantidade de N mineralizada é cerca de 2,5 vezes maior do que as plantas conseguem absorver, indicando grandes perdas por lixiviação no solo ou por emissão para a atmosfera. A fixação de N_2 é a principal forma de adição de N no sistema solo-planta, contribuindo mais que o dobro do que a aplicação via mineral. A desnitrificação e a lixiviação são os dois processos que mais acarretam perdas do N do solo, sendo que 72% do total é perdido por estes dois processos (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

De acordo com Moreira e Siqueira (2006) os principais fatores ambientais que influenciam a bioquímica da transformação do N no solo são:

- Acidez: que influencia nos processos de Amonificação, Nitrificação, Imobilização e Decomposição;
- Aeração: que está ligada ao processo de amonificação, nitrificação e imobilização;
- Umidade: que influencia a nitrificação, desnitrificação biológica e amonificação;
- Temperatura: que está ligada diretamente com os processos de amonificação, desnitrificação biológica, nitrificação e imobilização;
- Nutrientes: nitrogênio, fósforo (limitam a mineralização) e cálcio (influenciam na mineralização e nitrificação), e;

- Mineralogia: formação de complexos com compostos nitrogenados reduzem a decomposição e a mineralização.

4.3 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

De acordo com Cordeiro (2008), a fixação biológica de Nitrogênio (FBN) é o processo pelo qual se faz a incorporação do Nitrogênio molecular (N_2) da atmosfera num composto nitrogenado, que se torna disponível para a planta utilizar em seu metabolismo. No processo biológico da FBN a energia utilizada é o ATP, produzido pela energia solar e transformado em energia química, sendo um processo renovável e ecológico (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

A FBN é mediada por uma parcela de procariotos que apesar de ser pequena apresenta diversidades morfológicas, fisiológicas, genéticas e filogenéticas, pois de acordo com a classificação de bactérias diazotróficas feita por Moreira e Siqueira (2006) com base na compilação realizada por Eady (1991) existem cerca de 83 gêneros de bactérias diazotróficas capazes de fixar N_2 .

Tal processo é realizado pela enzima nitrogenase, que se encontra nas bactérias que vivem em associação simbiótica nas raízes das plantas. Os organismos fixadores de N não se limitam as bactérias, pois as cianobactérias e actinomicetos também realizam o processo (CORDEIRO, 2008).

A nitrogenase é a principal responsável pela FBN, sendo composta por duas unidades básicas: uma Ferro-proteína que coleta força redutora e energia e outra Ferro-Molibdênio que coleta e reduz o substrato. Nitrogenases que não contém Molibdênio (Mo) também são conhecidas, uma que contem Vanádio (Va) e outra que contém Ferro (Fe) no lugar do Mo. Essas duas últimas enzimas foram encontradas em algumas espécies dos gêneros *Clostridium*, *Rhodobacter*, *Anabaena*, *Rhodospirillum*, *Heliobacterium* e *Azospirillum* (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Além de catalisar a redução do N_2 , a enzima nitrogenase auxilia no processo de redução do acetileno para etileno, sendo que para mediar os processos redutivos a enzima precisa ser extremamente sensível ao Oxigênio (O_2). Para se eliminar a incompatibilidade entre o processo de fixação de N_2 que é anaeróbico, e o seu metabolismo, os diazotróficos aeróbicos evoluíram e passaram a desenvolver mecanismos de proteção da nitrogenase, privando a mesma da interferência do O_2 . Isso pode ocorrer tanto consumindo o excedente de

O₂ quanto criando barreiras à difusão, utilizando mecanismos abaixo descritos por Moreira e Siqueira (2006):

- Proteção respiratória: células ajustam-se até certo nível respiratório, para manter a concentração de O₂ nula;
- Produção de polissacarídeos extracelulares: forma-se uma cobertura protetora das células, limitando o acesso do O₂;
- Relação superfície/Volume celular: para impedir o excesso de absorção de O₂;
- Formação de células especializadas: heterocistos, células com parede celular espessa que limita a entrada de O₂;
- Locomoção nas Células: *Azospirillum* spp. e *Herbaspirillum* spp. possuem movimentos ondulatórios rápidos que permitem sua locomoção para sítios onde a concentração de O₂ é baixa e não afeta a atuação da nitrogenase, e;
- (Leg)-hemoglobinas e nodulação: mecanismo mais evoluído presentes nos simbioses em Fabáceas, o microsimbionte localiza-se nos nódulos. Dentro desses nódulos existem substâncias com função semelhante a hemoglobina (em leguminosas Leg-hemoglobina) que transportam O₂ para os microrganismos. Como a Leg-hemoglobina tem alta afinidade por O₂ a mesma atua como tampão, mantendo a concentração de O₂ baixa e provendo o mesmo numa taxa constante no meio onde o microsimbionte se encontra.

Os sistemas que regulam e controlam as FBN em diferentes diazotróficos variam de acordo com a relação das proteínas regulatórias chave e a rede de interações dos diversos elementos envolvidos (Dixon e Kahn, 2004). Desses, dois genes são essenciais para a FBN, os genes *nif* que tiveram sua primeira descrição em *Klebsiella pneumoniae* por Cannon et al. (1974) e por Dixon et al. (1980) e os genes *fix*.

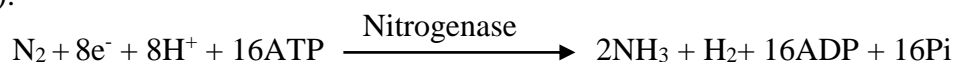
Tais genes já foram identificados em diversas espécies de diazotróficos associativos como o *A. brasilense*. Os genes *nif* são requeridos para a estrutura, biossíntese e regulação da nitrogenase, já os genes *fix* são encontrados em adição aos *nif* em bactérias simbioses, estando presentes também em bactérias que não fixam N (Dixon e Kahn, 2004). Esses genes podem ser encontrados em bactérias associativas como *A. brasilense* (Sperotto et al., 2004). Já

os genes *nod* são requeridos para nodulação e são encontrados em bactérias formadoras de nódulos em plantas.

A FBN também demanda energia (16 moles de ATP), que é usada principalmente para romper as ligações triplas que conferem estabilidade à molécula do N, para a redução de 1 mol de nitrogênio e para a evolução de 1 mol de hidrogênio (NEVES e RUMJANECK, 1992).

4.3.1 BIOQUÍMICA E FISIOLOGIA DA FIXAÇÃO DE NITROGÊNIO

Para poder ser utilizado pelos vegetais, o N é reduzido através da ação da enzima nitrogenase, que pode ser descrita pela reação descrita por Moreira e Siqueira (2006) e Taiz e Zeiger (2013):



Esta reação consome energia na forma de ATP. Ocorre também o consumo de reservas acumuladas pela planta durante a FBN, que em diazotróficos de vida livre aeróbicos pode chegar a 190 g g⁻¹ de N fixado, em anaeróbios e os facultativos o consumo chega até 300 g g⁻¹ de N fixado. Já em simbiontes o consumo é bem menor devido as diferentes características e mecanismos mais eficientes adotados na FBN (NEVES e RUMJANECK, 1992).

A nitrogenase consiste em dois componentes proteicos. Sendo que o componente 1 é uma proteína tetramérica originada por duas subunidades alfa e duas beta, contendo 2 átomos de Mo e 33 de Fe, conhecida assim como MoFe-proteína, ao se ligar ao N a mesma promove sua redução e devido a isso é chamada de dinitrogenase. Já o segundo componente é um dímero proteico constituído de duas subunidades gama com 4 átomos de Fe, conhecido por Fe-proteína, este componente realiza a transferência dos elétrons para a MoFe-proteína, e devido a isso é conhecida como nitrogenase redutase (NEVES e RUMJANECK, 1992).

Estes dois componentes podem ser separados, tornando-se incapazes de reduzir o N, mas ao se unirem novamente a atividade enzimática é recuperada. A energia utilizada no processo de FBN é obtido pela oxidação de substratos que podem ser oriundos da fotossíntese (nódulos em Fabáceas e cianobactérias) ou de substratos disponíveis no ambiente (bactérias de vida livre). A natureza química do substrato depende do microrganismo em questão (NEVES e RUMJANECK, 1992).

Flavodoxina e Ferredoxina são compostos redutores, haja visto que os mesmos doam elétrons para a nitrogenase *in vivo*. Tais substâncias recebem elétrons oriundos do NADH, que

é reduzido pela oxidação dos compostos de carbono, via cadeia respiratória ou via metabolismo anaeróbico (NEVES e RUMJANECK, 1992).

O mecanismo de ação de redução do N foi estudado extensivamente em *Klebsiella pneumoniae*. O processo se inicia com a dinitrogenase redutase recebendo o elétron oriundo do NADH. Depois realiza seu transporte para a dinitrogenase, consumindo 2 ATPs. A Fe-proteína ligada ao ATP (MgATP) torna-se mais negativa e por isso possui a capacidade de reduzir a MoFe-proteína (NEVES e RUMJANECK, 1992). O elétron que chega até a dinitrogenase localiza-se junto ao Mo e permite que ocorra a ligação entre o N-molecular e o átomo. Evidências indicam que o Mo é o centro ativo da nitrogenase e que um novo elétron percorre o mesmo caminho do primeiro até propiciar uma nova redução do N. A redução ocorre gradativamente até que a amônia seja formada. A amônia é então liberada e seguirá para a rota metabólica característica de cada microrganismo (NEVES e RUMJANECK, 1992).

O mecanismo desta reação envolve outros dois, uma de oxi-redução e a reação de transferência de energia. As reações de oxi-redução são as que acarretam a transferência de elétrons, pois ao longo das etapas de funcionamento da nitrogenase, nota-se que o elétron passa do NADH para a Ferredoxina ou Flavodoxina, e desta para a Fe-proteína e em seguida para a MoFe-proteína e daí para o nitrogênio (NEVES e RUMJANECK, 1992). Já a reação de transferência de energia permite que a energia não utilizada no momento possa ser acumulada e utilizada quando for necessário. A energia se acumula nas ligações químicas entre os átomos que originam a molécula, sendo que a mesma pode ser transferida para outras substâncias (NEVES e RUMJANECK, 1992).

Os microrganismos diazotróficos compõem um sistema complexo para controlar o processo de FBN, pois quando há a disponibilidade de N (NH_4^+ , NO_3^- , aminoácidos entre outros) no ambiente a biossíntese da nitrogenase é reprimida. A enzima só volta a ser sintetizada quando não houver outra fonte de N disponível no meio (NEVES e RUMJANECK, 1992).

Os genes da nitrogenase são conhecidos como genes *nif*. Os genes *nif H*, *nif D* e *nif K* são os que codificam as duas subunidades da nitrogenase, outros genes estão envolvidos na formação dos compostos da cadeia de transporte de elétrons específica para a dinitrogenase redutase e na síntese do cofator FeMo da dinitrogenase (NEVES e RUMJANECK, 1992).

Os genes *nif L* e *nif A* originam produtos que regulam a transcrição dos genes funcionalmente relacionados. Por um mecanismo de dupla cascata, que envolve além dos genes *L* e *A* os genes responsáveis pelo metabolismo do N (como *ntr A*, *ntr B* e *ntr C*. *ntr A* e

ntr C) que ativam a transcrição dos genes funcionalmente relacionados (operons) de *nif L* e *A*, os produtos de *nif A* e *ntr A* em conjunto ativam a transcrição dos demais operons dos genes *nif*. A repressão por N é realizada pelo produto de *nif L* e de *ntr B* que inativam os produtos de *nif A* e *ntr C* respectivamente, enquanto *nif L* está envolvido no mecanismo de repressão por O₂ pela inativação do *nif A* (NEVES e RUMJANECK, 1992).

4.4 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO EM POÁCEAS

Os primeiros registros de associações simbióticas entre poáceas e bactérias fixadoras de nitrogênio ocorreram na cultura da cana-de-açúcar (*Sacharum* spp.) e com a grama-batatais (*Paspalum notatum*). Nos trabalhos realizados por Dobereiner entre 1959 e 1961 foi confirmada a presença de bactérias do gênero *Beijerinckia* em raízes e no solo cultivado com cana-de-açúcar, e do gênero *Azotobacter* em grama “batatais” (DOBEREINER, 1992).

Dentre os anos de 80 e 90 foram descobertas outras bactérias capazes de fixarem N₂ em poáceas, como a *Azospirillum brasilense* presente em raízes de diversas poáceas, como milho, forrageiras e arroz, em diversos países como Brasil, México, Argentina, Colômbia, Senegal, Índia, Paquistão e Austrália. Foram descritas quatro espécies: *A. brasilense*, *A. lipoferum*, *A. amazonense* e *A. halopraeferans*, sendo que todas ocorrem em números muito mais elevados nas raízes de poáceas do que no próprio solo (DOBEREINER, MARRIEL e NERY, 1976; TARRAND, KRIEG e DOBEREINER, 1978; MAGALHÃES et al., 1983; REINHOLD et al., 1987).

Em solos estéreis, a bactéria *A. brasilense* proporciona de 10 a 30% de aumento de produtividade nos cereais (OKON, 1985). Entretanto, em solos ricos em biodiversidade microbiana os resultados não são satisfatórios, pois outras bactérias colonizam as raízes das plantas e impedem a associação dessas com estirpes mais eficientes na FBN. Em algumas estirpes selecionadas de *A. brasilense* com resistência a antibióticos, testados em trigo e sorgo, obtiveram-se resultados satisfatórios. Entretanto a incorporação de N na cultura do trigo não ocorreu somente pela fixação biológica, dependendo também da assimilação mais eficiente do N do solo por parte das raízes (BALDANI et al., 1986).

Outras bactérias fixadoras de N₂ que se multiplicam seletivamente nas raízes de milho, sorgo, trigo ou cana-de-açúcar e que infectam as raízes são *Herbaspirillum seropedicae*, *Bacillus azotofixans* e *Acetobacter diazotrophicus* (SELDIN, VAN ELSAS e PENIDO, 1984; BALDANI et al., 1986; CAVALCANTE e DOBEREINER, 1988; GILLES et al., 1989).

Embora sejam escassos os estudos que explicam com maior exatidão o processo de FBN em poáceas, já se sabe que muitas bactérias diazotróficas tem capacidade de associar-se com as plantas, fornecendo quantidades significativas de N. Determinações de N nas plantas e no solo durante 17 e 24 anos de cultivo consecutivo de arroz irrigado nas Filipinas, mostraram que foram fixados de forma biológica cerca de 103 e 79 kg.ha.N.ano⁻¹ respectivamente (APP et al., 1984).

4.5 HORMÔNIOS E SUBSTÂNCIAS REGULADORAS DE CRESCIMENTO

Substâncias reguladoras de crescimento podem ser produzidos pelas próprias plantas (endógenos) (fitohormônios) ou sintetizados pela indústria para serem aplicados em plantas (sintéticos) (reguladores de crescimento). Dependendo da substância ou de sua concentração eles podem ocasionar a inibição ou a modificação qualitativa do crescimento dos tecidos das plantas (FELLIPE, 1979).

Substâncias reguladoras de crescimento sintéticas nem sempre são substâncias naturalmente produzidas pelas plantas, mas quando aplicadas nas mesmas produzem efeitos semelhantes aos desempenhados pelos hormônios endógenos. Muitas destas substâncias são análogos químicos de alguns hormônios, sendo que muitos estudos sobre a ação dos hormônios já foram realizados (FELLIPE, 1979).

A ação dos reguladores de crescimento pode ocorrer diretamente (ocasionando mudanças físicas nas estruturas celulares ao interagir com as mesmas) ou de forma indireta (interferindo em caminhos metabólicos). A célula vegetal pode sofrer modificações devido a ação dos mesmos, ocasionando sua expansão, como ocorre com as auxinas e giberelinas.

A membrana celular também é sujeita a ação hormonal, que ocasiona mudanças de permeabilidade ou liberação de substâncias a ela ligada. As membranas de organelas são outras estruturas que podem sofrer ação dos reguladores de crescimento, modificando o suprimento de fatores que limitam outros processos bioquímicos da célula, como é o caso da ação sobre suprimentos de ATP e ADP e demais substâncias essenciais para outras reações (DIETRICH, 1978).

Os reguladores ainda podem agir sobre a atividade das enzimas de duas formas. A primeira ocorre com a alteração das propriedades da enzima (funcionando como um cofator), com a inibição do efector alostérico. A segunda se dá pela alteração da síntese proteica (DIETRICH, 1978).

Um dos fatores avaliados no trabalho foi o efeito da utilização de um biorregulador composto pela combinação de ácido 4-indol-3-ilbutírico (AIB), ácido giberélico (GA_3) e cinetina (citocinina) sobre variáveis agrônomicas e fisiológicas em trigo. Por isso, na sequência será descrito o mecanismo de ação de cada uma das três classes desses fitohormônios.

4.5.1 Auxinas

As auxinas participam do crescimento do caule das plantas, regulam a dominância apical, a emissão das raízes laterais das plantas, a abscisão foliar, formação de gemas florais entre outras, este hormônio é sintetizado principalmente na gema apical e então translocado de modo polar para a raiz, sua concentração nas plantas é desuniforme, diminuindo ao longo do caule (COSTA e DAROS, 2010).

As auxinas atuam sobre as enzimas como a celulase, pectinase e a pectina-metil-esterase, o que explica o fato das auxinas ocasionarem mudanças na plasticidade das células. Essas mudanças nas estruturas rígidas das paredes, as quais necessitam de atuações de enzimas, acabam ocasionando as alterações que caracterizam esse hormônio (DIETRICH, 1978).

4.5.2 Giberelinas

Conhecido como os hormônios do crescimento, as giberelinas regulam a altura e a germinação das sementes, promovem a síntese de DNA das organelas (não do DNA nuclear) (HABER et al., 1969) e o crescimento das plantas através do alongamento celular independente da síntese de DNA (DEGANI et al., 1970).

Nas sementes esse hormônio promove a síntese de enzimas degradadoras dos materiais de reserva da semente (amilases, lipases, proteases, etc) para nutrir o embrião e promover a germinação (TAIZ e ZEIGER, 2013).

4.5.3 Citocininas

As citocininas correspondem aos hormônios que atuam sobre a divisão celular, promovendo o crescimento da parte aérea pelo aumento da proliferação celular no meristema apical do caule (TAIZ e ZEIGER, 2013). São capazes de retardar a senescência das plantas e

a degradação de proteínas, DNA e RNA. Acredita-se que as citocininas inibam a síntese de mRNA que codificam as enzimas que atuam durante a senescência e aceleram esse processo (DIETRICH, 1978).

4.6 EFEITOS DE REGULADORES VEGETAIS EM TRIGO

De acordo com Evans et al (1980) as substâncias de crescimento endógenas provavelmente desempenham um importante papel na cultura do trigo, especialmente no que diz respeito a sua produtividade.

No perfilhamento do trigo as auxinas possuem papel-chave, pois as mesmas relacionam-se com a assimilação de suprimentos por parte da cultura, pois em equilíbrio com as citocininas resultam na emissão de raízes que melhoram a exploração do solo pela planta. Já durante o desenvolvimento da espiga, ocorre o término do perfilhamento na cultura, que pode estar relacionado com o aumento da produção de auxinas pelas espigas jovens. Ainda são desconhecidas os efeitos das auxinas produzidas nas espiguetas, primórdios florais e grãos jovens sobre o perfilhamento, alongamento do caule e fixação e crescimento dos grãos (TERUEL e SMIDERLE, 1999).

As giberelinas também atuam na cultura, obtendo maiores concentrações em folhas jovens de plantas com altos níveis nutricionais.

As giberelinas são as principais responsáveis por determinar o tamanho da planta, pois tal hormônio estimula o alongamento do caule, fazendo com que as plantas obtenham portes elevados que podem resultar no acamamento das culturas, em especial no trigo. Alguns inibidores da síntese deste hormônio têm sido empregados para diminuir o acamamento em culturas agrícolas. O Cloreto de 2-cloro etil trimetilamônia, conhecido como "CCC" é um deles, que estimula o perfilhamento, a distribuição da biomassa, proporcionando aumento das raízes, redução do porte da cultura e maior fortalecimento dos colmos. Isso ocasiona uma diminuição significativa nos problemas relacionados ao acamamento (EMBRAPA, 2003), proporcionando assim menores perdas de produtividade e qualidade.

Pouco se conhece quanto ao efeito das citocininas em trigo. Sabe-se que a concentração das mesmas atinge seu máximo na antese e depois cai rapidamente.

O etileno é outro hormônio que atua na cultura, pois o uso de doses baixas de ethefon (liberador de etileno) reduz o porte das plantas, minimizando problemas de acamamento em culturas de porte elevado e em solos de elevada fertilidade. Já quando aplicado após a

formação dos grãos acaba por acelerar e uniformizar a maturação, antecipando desta forma a colheita (TERUEL e SMIDERLE, 1999).

4.7 RIZOBACTÉRIAS DO GÊNERO *AZOSPIRILLUM*

De acordo com Chavarria e Mello (2011) acredita-se entre cerca de 30 a 90% das amostragens de solo coletadas em diversas partes do mundo contenham *A. brasilense* ou *A. lipoferum*. O gênero *Azospirillum* é representado por outras seis espécies diazotróficas, *A. amazonense*, *A. halopraeferens*, *A. doebereineriae* e *A. irakense*, sendo *A. brasilense* e *A. lipoferum* as mais conhecidas e comumente encontradas.

Estas bactérias se encontram em todos os tipos de solo, apresentando diâmetro em torno de 1,0 μm e o comprimento de 2,1 a 3,8 μm (SILVA et al., 2004). Possuem aspecto curvilíneo, são móveis e encontradas em diferentes posições e origens geográficas (HUERGO, 2006). Quando supridos com N oriundo de fonte combinada apresentam-se como microrganismos aeróbicos típicos e microaerofílicos quando crescem dependente da fixação de N_2 (DONZELI, 2002). A temperatura ótima para o desenvolvimento das mesmas varia de uma espécie para outra, mas de uma forma geral temperaturas compreendidas entre 28 e 41°C são consideradas as mais favoráveis (ECKERT et al., 2001).

As fontes de carbono (C) de maior preferência pelo *Azospirillum* são ácidos orgânicos como o malato, piruvato, succinato, glicose e frutose (DOBEREINER, 1995). Algumas bactérias ocorrem na superfície das raízes, já as do gênero *Azospirillum* encontram-se no interior das mesmas, entre espaços intercelulares ou dentro de algumas células da raiz (SIQUEIRA & FRANCO, 1988). As bactérias deste gênero tem a capacidade de colonizar o sistema radicular e o colmo das poáceas (CHAVARRIA e MELLO, 2011).

A atividade de fixação de N_2 é dependente da espécie de poácea ao qual a bactéria está associada, podendo ser maior ou menor (SIQUEIRA e FRANCO, 1988). O sistema de fixação de N_2 por *Azospirillum* ocorre de forma associativa, fornecendo um montante de 40 a 200 $\text{kgN} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ (MARSCHNER, 1995).

A resposta observada no rendimento do trigo inoculado com *Azospirillum* não é explicada apenas pela fixação biológica de N_2 . A associação também estimula a ação de fitohormônios como a auxina, que tem sua síntese aumentada devido a ação da bactéria. Por ser um hormônio responsável pela expansão das células vegetais, acaba promovendo o maior desenvolvimento das raízes, favorecendo a exploração do solo e a extração de uma maior quantidade de nutrientes, essenciais para o seu melhor desenvolvimento (DIDONET, 1993).

Experimentos realizados entre 2002 e 2006 em 297 localidades na região do pampa argentino com inoculação de *A. brasilense* resultaram em um incremento no rendimento da produção do trigo em 260Kg ha⁻¹, quando comparado com a média da região em estudo. Em 70% dos locais estudados houve incremento de produtividade com o uso da bactéria (DÍAZ-ZORITA et al., 2008).

Diferente dos rizóbios que nodulam as raízes das Fabáceas, *Azospirillum* não ocasionam a nodulação em raízes de poáceas. O que ocorre no caso das plantas de trigo e cevada infectadas com *Azospirillum* é o aumento na superfície das raízes, onde pode ser observada a diferença na densidade de raízes secundárias e surgimento das raízes principais. Isso se deve ao fato de que as raízes secundárias, neste caso, apresentam-se em menor número, mas com maior superfície de contato com o solo (SILVA et al., 2004).

5 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante os meses de Junho a Novembro de 2014 no Sítio Goiabeira, situado no município de Candói, Paraná, Brasil, localizado em 25° 30' 01" S, e 52° 13' 68" O. A altitude é de 536 m, e o clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Subtropical Úmido com Verão Quente (Cfb).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférico, de classe textural argilosa, apresentando 55% de Argila, 20% de Silte e 25% de Areia (ANEXO A).

No local do experimento realizou-se cultivo de soja na safra de verão, antecedida por um período de inverno sem nenhum cultivo (pousio), somente com vegetação natural e palhada de milho que sucedeu a safra de verão anterior.

Foi realizada análise física, de macro e de micronutrientes no solo da área experimental, para que se procedesse de forma correta a adubação e o manejo do experimento (ANEXO A.). Durante todo o experimento monitorou-se a precipitação acumulada no local, utilizando um Pluviômetro JPROLAB® instalado na propriedade.

O local do experimento foi primeiramente demarcado e 21 dias antes da semeadura realizou-se o controle das plantas espontâneas utilizando-se os herbicidas do grupo químico Glicina Substituída (Glifosato Potássico 620g L⁻¹i.a) na dosagem de 3,3L ha⁻¹ e ácido ariloxialcanóico (2,4-D Amine 670g L⁻¹ i.a) na dosagem de 1,3L ha⁻¹, ambos aplicados sob volume de calda de 200L ha⁻¹.

O trigo foi semeado no dia 19/06/14, utilizando-se a cultivar IPR Catuara TM® (oriunda do cruzamento de LD 875/IPR 85), cedida pelo IAPAR. Ela apresenta como características ciclo precoce, com 59 dias para espigamento, 112 dias para atingir a maturação fisiológica e altura média de 87cm. É classificada comercialmente como trigo melhorador.

A densidade de semeadura utilizada foi a de 56 sem m⁻¹ com espaçamento entre linhas de 0,17m, atendendo as recomendações fitotécnicas para a cultivar. A adubação utilizada foi ajustada de acordo com os valores apresentados na análise de solo, seguindo a recomendação de adubação do IAPAR (2003) para a cultura do Trigo, que foram de 20Kg de N ha⁻¹, 60-90 de P₂O₅ Kg ha⁻¹ e de 30 a 40Kg de K₂O ha⁻¹, para suprir Nitrogênio, Fósforo e Potássio respectivamente no sulco de semeadura, desta forma a fim de se fornecer a quantia correta de N,P e K para a cultura, utilizou-se 250Kg ha⁻¹ da fórmula 08-20-20 com adição de 200Kg ha⁻¹ de Super Fostato Simples (20% P₂O₅).

O delineamento experimental foi o de bloco casualizados, arranjado num bifatorial 3x2 com 4 repetições, totalizando 24 unidades experimentais. O fator A consistiu na aplicação e não aplicação de *Azospirillum brasilense*. Já o fator B consistiu em diferentes formas de aplicação do regulador de crescimento: sem regulador de crescimento, via sementes e via foliar.

Os seis tratamentos, distribuídos em 4 blocos, sendo cada bloco considerado uma repetição para cada tratamento, foram: T1 (Testemunha); T2 (*Azospirillum brasilense*); T3 (*Azospirillum brasilense* c/ regulador de crescimento via sementes); T4 (*Azospirillum brasilense* c/ regulador de crescimento via Foliar); T5 (regulador de crescimento via sementes) e T6 (regulador de crescimento via Foliar).

Cada unidade experimental foi composta por 15 linhas de 5m de comprimento, obtendo assim uma área total de 12,75m² por parcela. Foram descartadas as 5 linhas laterais e 1m na extremidade de cada parcela como bordadura, desta forma a área útil da parcela foi de 2,55m².

A inoculação da bactéria *Azospirillum brasilense* foi realizada via semente momentos antes da semeadura. A dosagem utilizada foi a de 100 mL ha⁻¹, semelhante ao utilizado nos experimentos de Mendes et al. (2011), Rosário (2013) e indicada pela fabricante Stoller®. Utilizou-se uma quantia de 2Kg de sementes para se proceder a inoculação da bactéria nas sementes. A bactéria foi obtida e concedida pela Stoller® de Guarapuava, na formulação de solução líquida com o nome comercial de Masterfix Gramíneas®, que possui concentração da bactéria de 2x 10⁸ UFC.mL⁻¹ das cepas ABV5 e ABV6.

O regulador de crescimento utilizado é composto por citocininas (Cinetina), Ácido giberélico (Giberelina GA₃) e Auxina (Ácido 4-indol-3-ilbutírico) e foi aplicado via semente e via foliar. Na semente o mesmo foi aplicado na dosagem de 4 mL.kg⁻¹ de sementes (NOVAKOWISKI e SANDINI, 2010) correspondendo a (0,00036; 0,0002 e 0,0002 g Kg⁻¹ sementes, de Cinetina, Giberelina e AIB, respectivamente), utilizando-se 2Kg de sementes para proceder a mistura do produto junto as sementes. Via foliar o mesmo foi aplicado na fase de perfilhamento (perfilhos formados Estádio 3 Feekes-Large) utilizando a escala de Mundstock (1999), na dosagem de 0,25L ha⁻¹ (que corresponde a uma concentração de 0,0225, 0,0125 e 0,0125 g ha⁻¹ de Cinetina, Giberelina e AIB respectivamente), utilizando-se um volume de calda de 200L ha⁻¹ (NOVAKOWISKI e SANDINI, 2010). O regulador de crescimento foi cedido pela Stoller® de Guarapuava, sob o nome comercial de Stimulate®.

Para todos os tratamentos realizou-se uma adubação fixa de N em cobertura, que foi de 45Kg de N.ha⁻¹, utilizando-se como fonte de N a Uréia (45% de N). Assim aplicou-se

100Kg ha⁻¹ seguindo a recomendação do Iapar (2003) que sugere para locais onde se cultivou Soja anteriormente, uma adubação de 30-60Kg ha⁻¹ de N. Para o presente trabalho utilizou-se o valor intermediário.

Foram realizados tratos culturais na cultura, visando anular o máximo possível os efeitos ambientais sob o experimento, garantindo a proteção das plantas (livrando-as da interferência ocasionada por pragas, doenças e plantas espontâneas). Para o controle em pós-emergência utilizou-se o herbicida do grupo químico sulfoniluréia (Metsulfurom-Metil, 600g i.a Kg⁻¹) na dosagem de 6g ha⁻¹, utilizando volume de calda de 200L ha⁻¹. No controle de insetos, utilizou-se uma aplicação do inseticida Neonicotinóide e Piretróide (Tiametoxam, 141g i.a L⁻¹ + Lambda-Cialotrina, 106g i.a L⁻¹) na dosagem de 150mL ha⁻¹, mediante volume de calda 200L ha⁻¹.

Para o controle de doenças foram realizadas 3 aplicações de fungicidas, utilizando-se os fungicidas dos grupos químicos Triazol e Estrobilurina (Piraclostrobina, 133g i.a L⁻¹ + Epoxiconazole, 50g i.a L⁻¹) na dosagem de 1L ha⁻¹ e (Trifloxistrobina, 100g i.a L⁻¹ + Tebuconazole, 200g i.a L⁻¹) na dosagem de 800mL ha⁻¹. Ambos foram aplicados com volume de calda de 200L ha⁻¹, em três diferentes estádios da cultura. A primeira aplicação ocorreu na fase inicial do alongamento, quando o primeiro nó do Colmo se mostrava visível (estádio 6, da escala de Feekes-Large). A segunda na fase de espigamento, quando 50% das espigas se encontravam fora das bainhas (estádio 10.3 da escala de Feekes-Large) e a última aplicação na fase de Florescimento, quando se obteve o florescimento completo na ponta das espigas (estádio 10.5.2 da escala de Feekes-Large).

Todas as aplicações foram realizadas utilizando-se um pulverizador costal de 20L, e o volume de calda aplicado foi definido pela área a ser pulverizada.

A colheita do trigo foi realizada no dia 16/10/14 aos 118 DAS (Dias Após Semeadura) com umidade média de 12,35%.

As variáveis produtividade (Kg ha⁻¹), PH, Número de espigas (m⁻²), Número de grãos por espigas, massa de 1000 grãos, Número de perfilhos planta⁻¹, Índice de acamamento e Altura de Plantas (cm), foram analisadas avaliando-se e coletando-se plantas contidas dentro da área útil de cada parcela. Para isso, a área útil de cada parcela foi dividida em duas partes. A primeira destinou-se a análise de produtividade, onde colheu-se uma área de 1,7m² (2m x 0,85m) posteriormente os grãos colhidos desta área foram utilizados para analisar o PH e a massa de 1000 grãos.

O restante da área útil com 0,85m² (1m x 0,85m), destinou-se para a avaliação das demais variáveis. Para a determinação do Número de espigas m⁻² coletou-se todas as espigas

presentes nas 3 linhas centrais da área útil da parcela, compreendendo uma área de coleta de 0,51m², posteriormente o número total de espigas coletadas foi dimensionado para uma área de 1m².

Das espigas coletadas em cada parcela foi feito uma sub amostra com 16 espigas, as quais foram debulhadas a mão e os grãos contados, determinando-se assim número médio de grãos.espiga⁻¹.

O número de espigas utilizadas para comporem as sub amostras baseou-se no trabalho de Novakowski e Sandini (2010) que para uma área de 0,4m² coletaram 15 espigas para análise. Como no presente trabalho a área foi de 0,51m², optou-se por coletar praticamente o mesmo número de espigas para a sub amostra, pois a diferença entre as áreas uteis foi mínima.

Para determinação do número de perfilhos coletou-se 10 plantas ao acaso da área útil, contou-se o número total de perfilhos da amostra e dividiu-se pelo número de plantas da amostra, obtendo-se o número médio de perfilhos por planta, metodologia baseada em (MENDES et al, 2011).

A determinação do acamamento foi realizada utilizando-se de índices de acamamento proposto por Arf et al (2001), que considerou: 0 (sem presença de acamamento), 1 (até 5% de acamamento), 2 (5 a 25% de acamamento), 3 (25 a 50% de acamamento), 4 (50 a 75% de acamamento) e 5 (75 a 100% de acamamento). Para determinar o percentual de acamamento, contou-se o número de plantas acamadas em 1m linear na linha central da área útil, posteriormente transformou-se os dados para percentagem, dividindo-se o número de plantas acamadas pelo número total de plantas presentes na linha, multiplicados por 100, conforme a equação abaixo:

$$(\%) \text{ de Acamamento} = \text{N}^{\circ}.\text{P.A} / \text{N}^{\circ}.\text{T.P} * 100$$

Onde:

N^o.P.A: Número de Plantas Acamadas em 1m linear;

N^o.T.P: Número Total de Plantas presentes em 1m linear.

A determinação da altura das plantas, seguiu o utilizado por Jandrey (2012), onde se realizou a aferição da altura de 10 plantas de trigo presentes dentro da área útil de cada parcela, depois utilizou-se a média da altura das mesmas para análise dos valores encontrados, a aferição considerou a altura, o comprimento máximo obtido entre o nível do solo e o ponto máximo do dossel das plantas.

Para determinação da produtividade (Kg ha^{-1}), PH (Peso hectolitro) e Massa (gramas) de 1000 grãos, os grãos primeiramente foram trilhados manualmente dentro de bolsas e depois retirou-se as suas impurezas. Os grãos não foram submetidos ao processo de secagem pois apresentaram umidade inferior a 13%.

A produtividade foi obtida pesando-se a massa total de grãos obtida de cada parcela, as mesmas foram pesadas em balança de precisão Mettler PE 1600®, e utilizando-se a média das quatro pesagens de cada tratamento, obteve-se a produtividade em Kg ha^{-1} .

O PH foi determinado utilizando-se um medidor de umidade eletrônico Gehaka G800, que também determina o PH e a massa da amostra, que consistiu de aproximadamente 100g de grãos de cada parcela. O procedimento foi repetido uma vez, utilizando-se o valor da média dos valores obtidos no equipamento para posterior análise estatística.

A Massa de Mil grãos foi determinada mediante a contagem e pesagem da massa de 300 grãos de cada parcela. Posteriormente extrapolou-se a massa obtida, para um volume de 1000grãos.

As ilustrações que dizem respeito a realização do trabalho a campo e posterior análise em laboratório encontram-se no APÊNDICE A do presente trabalho.

Após a coleta e tabulação de todos os dados das variáveis em análise, os mesmos foram submetidos a análise de variância fatorial (Anova) e submetidos ao teste F ao nível de 5% de significância. Posteriormente, para as variáveis que se mostraram significativas para o teste F, aplicou-se o teste de separação de médias de Scott-Knott ($p < 0.10$), utilizando-se o programa estatístico Genes® (CRUZ, 2006).

Também foi realizado um estudo da viabilidade econômica dos tratamentos envolvidos e executados neste trabalho, considerando-se todos os custos envolvidos para executar os mesmos.

Primeiramente foi feito um levantamento de todos os custos operacionais envolvidos utilizando-se os dados do CEPA (2013), que considera todos os custos fixos e variáveis dos procedimentos utilizados para executar os trabalhos de campo.

Posteriormente realizou-se o levantamento do custo de todos os insumos utilizados, conforme o valor de mercado dos mesmos.

Para as atividades que envolveram mão de obra como a inoculação das sementes tanto com a bactéria quanto com o regulador crescimento, calculou-se o valor da mão de obra levando-se em conta o valor pago no interior por um dia de serviço (8 horas) que gira em torno de R\$70,00, relacionado ao tempo gasto que para se inocular uma quantia de sementes suficientes para semear uma área de 1 ha de trigo, que é normalmente de 8 a 8,5 minutos.

Todos os cálculos foram apresentados em R\$ ha⁻¹, a fim de facilitar a interpretação e discussão dos dados.

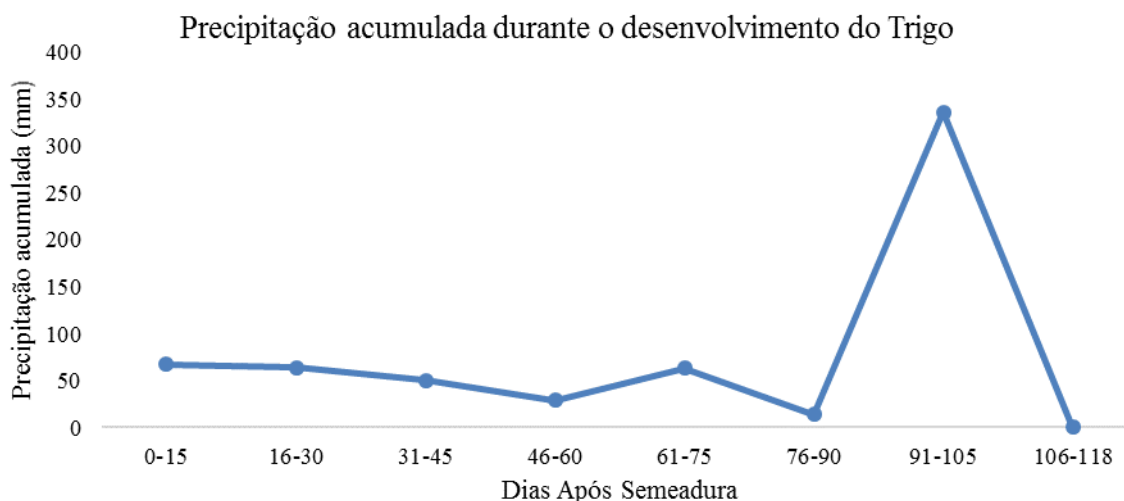
Foram confeccionadas figuras para cada um dos tratamentos a fim de ilustrar as diferenças econômicas entre os tratamentos, levando-se em conta os custos de produção e a produtividade obtida para cada tratamento. Utilizando o modelo $y=ax+b$, criou-se uma equação linear para cada tratamento.

Posteriormente as figuras, montou-se uma tabela onde foram colocados os dados relativos aos custos de produção de cada um dos tratamentos, permitindo identificar o valor mínimo pago por saca para que cada tratamento cobrisse seus respectivos custos de produção, além da renda que cada um proporcionaria para diferentes valores de comercialização da saca.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente é importante salientar a precipitação acumulada durante a condução do experimento, que foi de 623mm na safra 2014. Tal valor é considerado suficiente para o bom desenvolvimento da cultura e para a obtenção de produtividades satisfatórias, entretanto vale-se ressaltar que a distribuição das chuvas não ocorreu de forma homogênea como pode-se evidenciar na Figura 1.

Figura 1- Precipitação acumulada para cada período de 15 DAS (Dias Após Semeadura) do experimento realizado no Sítio Goiabeira, Cândói/PR.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Observa-se que a partir da semeadura até o 75º DAS que a precipitação pouco variou, com média de 54,6mm por quinzena. A partir de então houve uma mudança considerável no acumulado de chuvas, pois na quinzena do 76º-90º DAS o acumulado foi de apenas 14mm, ou seja, 74,36% inferior a média acumulada até então. Tal fato certamente afetou o desenvolvimento da cultura, pois a mesma encontrava-se na fase de formação e enchimento de grãos.

Apesar da baixa precipitação registrada no período do 76º-90º DAS ter sido possivelmente prejudicial a formação de grãos, o mesmo não se compara aos danos que ocorreram posteriormente entre o período do 90º-105º DAS. Isso porque somente naquela quinzena houve um acumulado de 336mm (53,93% da precipitação total durante o ciclo da cultura), que acabou por favorecer a reprodução e a disseminação de doenças que atacam as espigas da cultura, principalmente a Brusone (*Pyricularia grisea*). O período de molhamento das espigas ultrapassou de 14 horas, criando assim uma condição ambiental favorável para o

desenvolvimento do fungo (KIMATI et al, 2005). Tal doença acarretou má formação e baixa qualidade dos grãos.

Além da precipitação excessiva, que permitiu o desenvolvimento da Brusone trazendo efeitos prejudiciais a produtividade da cultura, ocorreram problemas com o acamamento da cultura no período de excesso de precipitação (90°-105°DAS). Isso porque junto com a precipitação também ocorreram fortes rajadas de vento, que ocasionando um índice de acamamento médio (3,54) considerando todo o experimento, ou seja, com mais de 50% de plantas acamadas. Este fato também interferiu diretamente na produtividade, desta forma tendo em vista que o acamamento ocorreu 24 dias após o espigamento, pode-se se predizer, mediante aos valores da Tabela 1, que a perda de produtividade foi superior a 20%.

Tabela 1- Porcentagem de Redução de Rendimento de grãos de Trigo submetidos ao acamamento em diversas datas a partir do espigamento, com relação a plantas eretas.

| Tratamento de Acamamento | Redução no Rendimento de grãos (%) |
|--------------------------|------------------------------------|
| 0 dias após espigamento | 20 |
| 5 dias após espigamento | 30 |
| 10 dias após espigamento | 35 |
| 15 dias após espigamento | 35 |
| 20 dias após espigamento | 25 |
| 25 dias após espigamento | 20 |
| 30 dias após espigamento | 10 |
| 35 dias após espigamento | 5 |
| 40 dias após espigamento | Sem perdas |

Fonte: Laude e Pauli, 1956 *apud* Mundstock 1999.

Através da análise de variância (Anova), verificou-se que não houve efeito significativo (teste F, $p < 0.05$) dos fatores avaliados para as variáveis PH, Peso de 1000 grãos, Espigas m^{-2} , Número de grãos espiga⁻¹ e Número de perfilhos planta⁻¹. Já para as variáveis Rendimento, Altura de Plantas e Acamamento verificou-se o efeito significativo, inclusive com interação entre os fatores testados Tabela 2).

Para as variáveis que apresentaram efeito significativo dos tratamentos, foi aplicado posteriormente o teste de separação múltiplas de médias utilizando-se o teste de Scott-Knott ($p < 0,10$).

Tabela 2 – Média das variáveis e significância pelo teste F considerando ausência (sem) e presença (com) de Ab (*Azospirillum brasilense*) e R.C (Regulador de Crescimento), para as variáveis PH (Peso Hectolitro); NE (Número de Espigas m⁻²); GE (Grãos espiga⁻¹); NP (Número de Perfilhos planta⁻¹); M1000 (Massa de Mil Grãos em gramas); AP (Altura de Plantas em centímetro); IA (Índice de Acamamento); REND (Rendimento em Kg ha⁻¹).

| R. C. | Ab | PH | NE | GE | NP | M1000 | AP | IA | REND |
|----------------------|-----|----------|-----------|----------|---------|----------|----------|---------|---------|
| Sem | Sem | 70,35 ns | 250,00ns | 27,89 ns | 1,08 ns | 31,93 ns | 89,62 ns | 2,00 * | 1874 ns |
| Sem | Com | 74,22 ns | 326,47 ns | 25,25 ns | 0,85 ns | 32,73 ns | 85,77 * | 4,00 ns | 2136 ns |
| Via Sem ¹ | Sem | 74,75 ns | 285,29 ns | 25,09 ns | 0,69 ns | 32,83ns | 91,97 ns | 3,25* | 1827 ns |
| Via Sem ¹ | Com | 72,07 ns | 283,82 ns | 25,11 ns | 0,75 ns | 32,39 ns | 92,15 ns | 3,75 ns | 1660 * |
| Via Foliar | Sem | 70,07 ns | 342,64 ns | 24,37 ns | 0,82 ns | 31,58 ns | 91,22 ns | 4,5 ns | 1840 * |
| Via Foliar | Com | 71,97 ns | 363,23 ns | 25,12 ns | 0,56 ns | 33,78 ns | 90,55 ns | 4,00 ns | 2192 ns |
| CV (%) | | 7,29 | 47,74 | 11,96 | 95,22 | 7,64 | 4,53 | 34,31 | 13,29 |

Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Nota: (ns) Não significativo para o teste F;

(*) Significativo para o teste F com probabilidade de erro de 5%;

¹Via sementes.

O PH obtido no experimento em questão não atingiu o padrão mínimo exigido para comercialização, pois foi inferior a 78. O mesmo não apresentou diferenças significativa entre os tratamentos avaliados. Isso talvez possa ser explicado pelo fato da variável estar atrelada a vários fatores, dentre os quais se destacam as condições climáticas e a incidência de doenças. As condições climáticas e a incidência de doenças, por sua vez, estão diretamente ligados a formação e enchimento adequado dos grãos da cultura do Trigo, que está ligado a Massa de 1000 grãos (Tabela 2). Essa variável também não apresentou diferença significativa entre os tratamentos e na média foi inferior ao peso médio de mil sementes (PMS) prevista para a cultivar que é de 43g, de acordo com EMBRAPA e IAPAR (2014).

No que diz respeito ao número de perfilhos planta⁻¹ e Espigas m⁻², pode-se dizer que ambos possuem ligação direta, pois a densidade de espigas a serem formadas depende da quantidade de perfilhos emitidos e formados pela planta. Para ambas variáveis não houve diferenças entre os tratamentos testados, provavelmente ligado à característica da própria cultivar em emitir poucos perfilhos.

Para a variável rendimento, verificou-se diferença significativa entre as médias dos tratamentos para a interação entre a utilização da *Azospirillum brasilense* e o Regulador de Crescimento.

Tabela 3 - Rendimento do Trigo (Kg ha^{-1}) com e sem inoculação de *Azospirillum brasilense* via semente (100 mL ha^{-1}) submetido a três diferentes formas de aplicação de regulador de crescimento: Sem Regulador, Via sementes (4 mL Kg^{-1}) e Via foliar ($0,25 \text{ L ha}^{-1}$).

| Regulador de Crescimento | <i>Azospirillum brasilense</i> | |
|--------------------------|--------------------------------|----------|
| | Sem | Com |
| Sem | 1.874 aA | 2.136 aA |
| Via Semente | 1.827 aA | 1.660 bA |
| Via Foliar | 1.840 aB | 2.192 aA |
| CV (%) | 13,29 | |

Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas nas vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,10$).

Verificou-se que a presença de *Azospirillum brasilense* seguido da utilização do regulador de crescimento via foliar incrementou a produtividade do trigo em comparação aos demais tratamentos. Isso evidenciou uma interação positiva (sinergia) entre a bactéria e o regulador, haja vista que na ausência da mesma houve diferença significativa para o rendimento.

O incremento do rendimento obtido neste trabalho utilizando-se a inoculação de *Azospirillum brasilense* também foi observado no trabalho de Mendes et al (2011), que obteve diferenças significativas para o rendimento de trigo com e sem a inoculação da bactéria.

A utilização da bactéria incrementou 16% de rendimento quando comparada ao tratamento em que se utilizou apenas o regulador de crescimento via foliar. No que diz respeito ao uso somente da *Azospirillum brasilense* em comparação com a testemunha, apesar de não diferir significativamente como no tratamento descrito anteriormente, a mesma acabou por incrementar em 12 % no rendimento do trigo. Esse percentual de incremento no rendimento corrobora o descrito por Okon e Labandera-Gonzales (1994), que afirmam que o sucesso no processo de inoculação varia entre cerca de 60 a 70%, considerando resultados obtidos em mais de 30 anos de pesquisa, incrementando de 5 a 30% no rendimento dos grãos.

Entretanto vale ressaltar que a utilização da *Azospirillum brasilense* associada ao regulador de crescimento via sementes obteve o menor rendimento dentre todos os tratamentos que receberam inoculação. Apesar de não se notar diferenças significativas entre as médias para o fator *Azospirillum brasilense*, pode-se dizer que houve uma interação negativa entre a bactéria e o regulador de crescimento. Isso porque apenas nesta combinação o regulador de crescimento obteve valor que diferiu significativamente do tratamento que não recebeu a inoculação com a bactéria.

O baixo rendimento obtido na associação da bactéria e do regulador de crescimento, ambos via semente, pode estar relacionado com o momento da inoculação dos mesmos nas sementes. Isso porque imediatamente após a inoculação com a bactéria procedeu-se a aplicação do regulador crescimento. Desta forma, possivelmente quando houve contato entre ambos, alguma reação química ou bioquímica foi desencadeada e de certa forma tornou-se negativa para o desenvolvimento e produtividade das plantas, ou até mesmo a morte de maioria das bactérias pode ter ocorrido. No entanto, se faz necessário proceder um estudo específico neste âmbito para entender a ocorrência de tal fato.

Para o Índice de Acamamento também houve interação entre o fator bactéria e o fator regulador de crescimento (Tabela 4).

Tabela 4 – Índice de Acamamento do trigo considerando: 0 (0%), 1 (1-5%), 2 (5-25%), 3 (25-50%), 4 (50-75%) e 5 (75-100% de plantas acamadas) para tratamentos com e sem *Azospirillum brasilense* submetidos a três diferentes formas de utilização do Regulador de Crescimento; Sem Regulador, Via Sementes (4 mL.kg⁻¹) e Via Foliar (0,25L ha⁻¹).

| Regulador de Crescimento | <i>Azospirillum brasilense</i> | |
|--------------------------|--------------------------------|---------|
| | Sem | Com |
| Sem | 2,00 bB | 4,00 aA |
| Via Semente | 3,25 bA | 3,75 aA |
| Via Foliar | 4,5 aA | 4,00 aA |
| CV (%) | 34,31 | |

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas nas vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,10).

Através da interpretação dos valores apresentados na tabela acima, verificou-se que a testemunha (sem regulador de crescimento e sem a bactéria) foi o tratamento que apresentou o menor índice de acamamento. A testemunha diferiu tanto do fator *Azospirillum brasilense* quanto do fator Regulador de Crescimento utilizado via foliar em associação ou não com a bactéria. A testemunha só não diferiu significativamente do tratamentos em a bactéria e com aplicação do regulador de crescimento via sementes.

Verificou-se que a inoculação com *Azospirillum brasilense* tanto sem associação quanto em associação com o regulador via sementes ou foliar promove aumento no índice de acamamento para esta cultivar de trigo.

Para a variável altura de plantas houve diferença significativa apenas para o fator regulador de crescimento, não havendo efeito de interação para este caso (Tabela 5).

Tabela 5 – Altura de Plantas de Trigo (cm) com e sem inoculação e *Azospirillum brasilense* (100mL ha⁻¹) submetidas a três diferentes forma de utilização do Regulador de Crescimento: Sem Regulador, Via Semente (4 mL kg⁻¹) e Via Folia (0,25L ha⁻¹).

| Regulador de crescimento | <i>Azospirillum brasilense</i> | |
|--------------------------|--------------------------------|----------|
| | Sem | Com |
| Sem | 89.6 aA | 85.7 bA |
| Via semente | 92.0 aA | 92.1 aA |
| Via foliar | 91.2 aA | 90.5 a A |
| CV (%) | 4,53 | |

Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas nas vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,10$).

Pode-se verificar que a utilização do regulador de crescimento tanto via foliar quanto via sementes não resulta em um menor porte de plantas. A única diferença observada foi para o tratamento sem o regulador de crescimento, onde a presença da bactéria resultou em plantas de menor estatura.

Mediante os dados, nota-se que nos tratamentos em que o regulador se fez presente, houve aumento no porte de plantas, provavelmente ao fato de o mesmo possuir hormônios que estimulam principalmente o alongamento e a divisão celular nos vegetais.

Outro dado intrigante diz respeito ao tratamento que apresentou diferença significativa para a utilização do fator *Azospirillum*, pois acreditava-se que devido ao suprimento de N para as plantas via FBN da bactéria, as mesma viessem a obter maior estatura em comparação com a altura média da cultivar. Entretanto, este foi o tratamento que mais se aproximou da altura média da cultivar, com altura média de plantas inferior a testemunha, talvez ao fato de neste caso a planta ter direcionado suas reservas para outras características como a produção de matéria seca, caule mais espesso e maior índice de área foliar.

Para todos os tratamentos testados, realizou-se uma análise da viabilidade econômica. Para tanto relacionou-se a produtividade de cada um com o valor médio pago pela saca de trigo ao agricultor nos meses de Outubro no período dos últimos 5 anos, descontando os custos fixos e variáveis de cada tratamento (Tabela 6).

Mediante os dados da tabela 6 verifica-se que nenhum dos tratamentos, levando-se em conta a produtividade obtida, resultou em uma rentabilidade suficiente para cobrir pelo menos o custo de produção do cultivo do trigo.

Apesar de todos os tratamentos apresentarem déficit de receita líquida, deve-se se atentar aos tratamentos que obtiveram as melhores produtividades no campo e resultaram em um menor prejuízo. Neste caso deve-se destacar o tratamentos 2 e 4 com déficit de R\$ 174,57 e 190,29, respectivamente. Sendo que o tratamento 2 corresponde ao trigo que foi inoculado

com a bactéria e não recebeu o regulador de crescimento e o tratamento 4 ao que foi inoculado com a bactéria e recebeu aplicação do regulador de crescimento via foliar. Esses resultados permitem associar a presença de *Azospirillum brasilense* aos melhores desempenhos econômicos da cultivar IPR Catuara nas condições avaliadas.

Tabela 6- Estimativa dos Custos de produção (R\$ ha⁻¹), Receita bruta e líquida (R\$ ha⁻¹) para os diferentes tratamentos realizados no experimento.

| Custos Operacionais e Insumos | Custo de produção R\$/ha | | | | | |
|---|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Tratamento 1 | Tratamento 2 | Tratamento 3 | Tratamento 4 | Tratamento 5 | Tratamento 6 |
| Dessecagem | 92,55 | 92,55 | 92,55 | 92,55 | 92,55 | 92,55 |
| Inoculação das sementes c/A.b ¹ | - | 68,21 | 68,21 | 68,21 | - | - |
| Inoculação das Sementes c/ R.C ¹ | - | - | 55,21 | - | - | 55,21 |
| Adubação em Sulco | 482,00 | 482,00 | 482,00 | 482,00 | 482,00 | 482,00 |
| Adubação em Cobertura | 130,00 | 130,00 | 130,00 | 130,00 | 130,00 | 130,00 |
| Limpa | 12,90 | 12,90 | 12,90 | 12,90 | 12,90 | 12,90 |
| R.C via foliar | - | - | - | 22,50 | 22,50 | - |
| Inseticida | 22,50 | 22,50 | 22,50 | 22,50 | 22,50 | 22,50 |
| Fungicidas | 236,00 | 236,00 | 236,00 | 236,00 | 236,00 | 236,00 |
| Aplicação de herbicidas | 46,80 | 46,80 | 46,80 | 46,80 | 46,80 | 46,80 |
| Aplicação de Inseticida+ Fungicida | 23,40 | 23,40 | 23,40 | 23,40 | 23,40 | 23,40 |
| Aplicação de Fungicidas | 46,80 | 46,80 | 46,80 | 46,80 | 46,80 | 46,80 |
| Aplicação de R.C via foliar | - | - | - | 23,40 | 23,40 | - |
| Aplicação de N em cobertura | 4,62 | 4,62 | 4,62 | 4,62 | 4,62 | 4,62 |
| Colheita | 158,64 | 158,64 | 158,64 | 158,64 | 158,64 | 158,64 |
| Custo de Produção (R\$ ha ⁻¹) | 1.256,21 | 1.324,42 | 1.379,63 | 1.370,32 | 1.302,11 | 1.311,42 |
| Produtividade (Sacas de 60Kg ha ⁻¹) | 31,24 | 35,61 | 27,67 | 36,54 | 30,68 | 30,45 |
| Valor pago Saca ⁻¹ (60Kg) ² | 32,29 | 32,29 | 32,29 | 32,29 | 32,29 | 32,29 |
| Receita Bruta | 1.008,74 | 1.149,85 | 893,37 | 1.180,03 | 990,56 | 983,25 |
| Receita Líquida | -247,47 | -174,57 | -486,26 | -190,29 | -311,55 | -328,17 |

Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Nota: ¹Incluso o custo da mão de obra utilizada para se proceder a inoculação das sementes para 1 ha;

²Valor médio pago por saca de trigo para o mês de Outubro (AGROLINK, 2014);

³ZERO (0)

Conforme o que foi explanado no início dos resultados e discussões o presente experimento sofreu perdas na produtividade devido ao acamamento, diminuindo em cerca de 22% sua capacidade produtiva. Isso influenciou diretamente os valores de receita líquida, resultando em valores negativos. Não fosse por tal condição climática adversa, foram simulados os valores de receita líquida que seriam obtidos (Tabela 7).

Tabela 7 – Receita líquida (R\$ ha⁻¹) corrigindo-se a perda estimada de 22% de produtividade perdida devido ao clima à partir do rendimento observado nos tratamentos, preço pago por saca e custo de produção para cada tratamento.

| | Tratamento 1 | Tratamento 2 | Tratamento 3 | Tratamento 4 | Tratamento 5 | Tratamento 6 |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Custo de Produção (R\$ ha ⁻¹) | 1256,21 | 1324,42 | 1379,63 | 1370,32 | 1302,11 | 1311,42 |
| Produtividade (Sacas ha ⁻¹) | 38,11 | 43,44 | 33,75 | 44,58 | 37,43 | 37,15 |
| Valor pago Saca ⁻¹ (60Kg) | 32,29 | 32,29 | 32,29 | 32,29 | 32,29 | 32,29 |
| Receita Bruta (R\$ ha ⁻¹) | 1230,66 | 1402,81 | 1089,91 | 1439,64 | 1208,49 | 1199,57 |
| Receita Líquida (R\$ ha ⁻¹) | -25,55 | 78,39 | -289,72 | 69,32 | -93,62 | -111,85 |

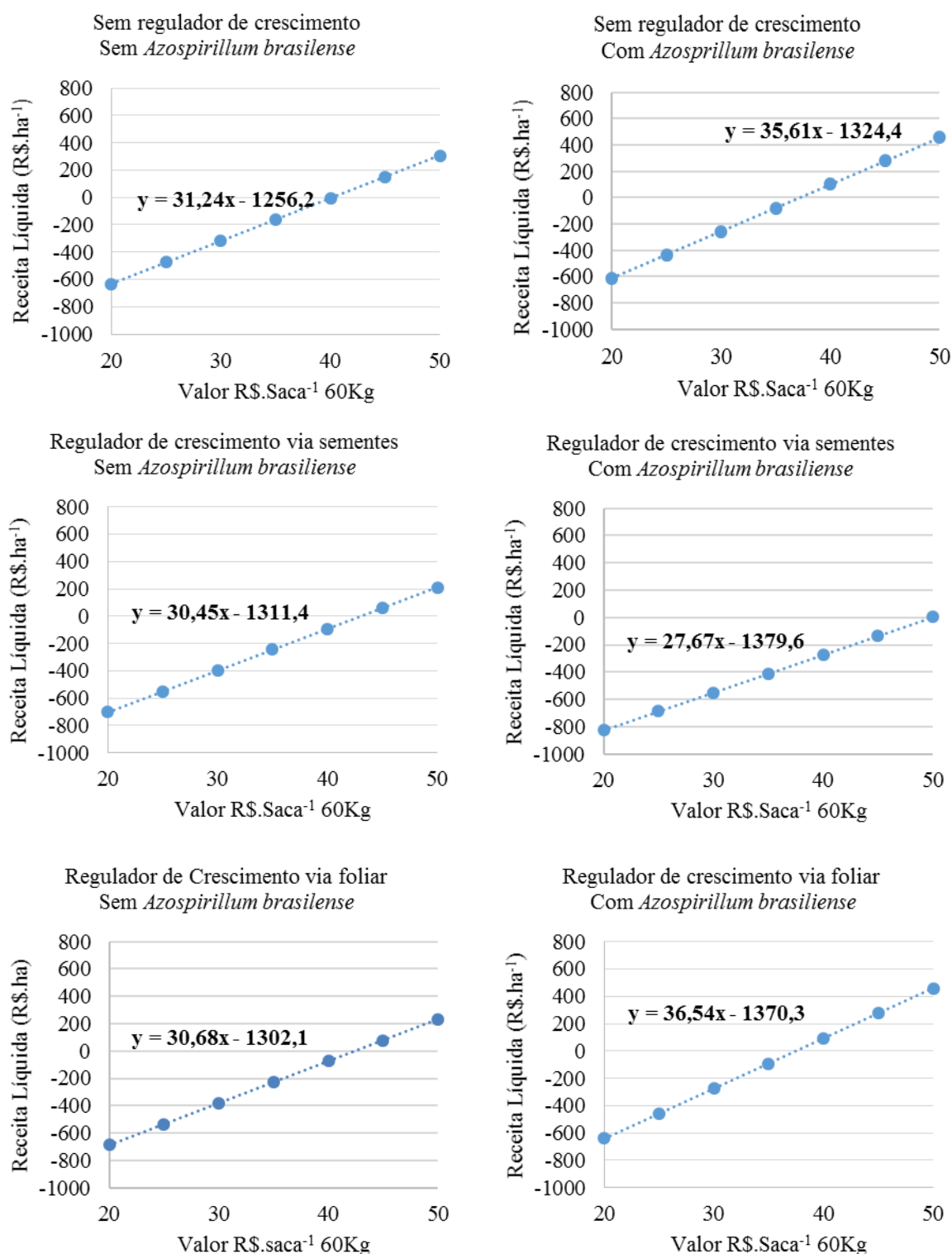
Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Percebe-se que simulando condições ideais para o cultivo de trigo, os tratamentos 2 e 4 não obteriam valores negativos para a receita líquida. Ao contrário, esses tratamentos proporcionariam uma margem de ganho, que embora pequena, justificaria a empregabilidade da tecnologia introduzida nos tratamentos.

Essas diferenças, observadas entre os dados obtidos no experimento a campo e a simulação do rendimento sem as perdas de rendimento enfatizam a natureza da atividade agrícola, que quando realizada a céu aberto está sempre sujeita as condições do clima.

Visando um melhor entendimento dos resultados obtidos no que diz respeito a renda obtida em cada tratamento, realizou-se a montagem de um gráfico com a equação da reta para cada tratamento executado no experimento, levando-se em conta a produtividade real, o valor médio de mercado e os custos de produção de cada tratamento (Figura 2).

Figura -2 Viabilidade econômica com a flutuação no preço pago por saca de trigo (60Kg) para cada um dos tratamentos testados.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

A figura 2 ilustra a receita líquida obtida em cada tratamento, de acordo com a produtividade obtida e o valor de comercialização. Por se tratar de projeções que envolvem um valor crescente e equidistante pago por saca, apresenta-se no gráfico uma linha de tendência linear. Dessa forma, conforme aumento no valor da saca, maior a receita líquida obtida.

Como os tratamentos 2 e 4 foram os que mostraram maior rendimento (Tabela 2), os mesmos conseguem cobrir seus custos de produção sem a necessidade de elevação exorbitante dos preços de comercialização.

Visando complementar o apresentado pela Figura 2, colocou-se na Tabela 8 a variação na renda de acordo com a produtividade e o preços de comercialização dos diferentes tratamentos.

Tabela 8 – Variação na receita líquida (R\$ ha⁻¹) para cada tratamento mediante a diferentes valores de comercialização (R\$ saca⁻¹) e VNSCCP (Valor Necessário por Saca para Cobrir os Custos de Produção).

| Tratamentos | R\$ saca ⁻¹ .60Kg | | | | | | | VNSCCP |
|-------------|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | |
| 1 | -631,41 | -475,21 | -319,01 | -162,81 | -6,61 | 149,59 | 305,79 | 40,21 |
| 2 | -612,22 | -434,17 | -256,12 | -78,07 | 99,98 | 278,03 | 456,08 | 37,19 |
| 3 | -826,23 | -687,88 | -549,53 | -411,18 | -272,83 | -134,48 | 3,87 | 49,85 |
| 4 | -639,52 | -56,82 | -274,12 | -91,42 | 91,28 | 273,98 | 456,68 | 37,50 |
| 5 | -688,51 | -535,11 | -381,71 | -28,31 | -74,91 | 78,49 | 231,89 | 42,44 |
| 6 | -702,42 | -550,17 | -397,92 | -245,67 | -93,42 | 58,83 | 211,08 | 43,06 |

Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Conforme os dados da Tabela 8, verifica-se o descrito anteriormente sobre os tratamento 2 e 4 que numa margem de preço na faixa de R\$37,19 e R\$37,50 pagos por saca, respectivamente, conseguem cobrir o custo de produção empregado para cada um.

Já para os demais tratamentos o valor de comercialização deve ser superior a R\$ 40,00 saca⁻¹ para começarem a cobrir os custos de produção, dificilmente justificando assim empregabilidade de cada uma das técnicas utilizadas nos mesmos para a cultura do trigo nas condições avaliadas.

O tratamento 3 apresentou o pior desempenho dentre os demais, pois obteve o menor rendimento e necessitaria de um valor de comercialização de R\$49,85 para cobrir os custos de produção. Isso se deve a baixa produção associada ao maior custo de produção dentre todos os demais. Sendo assim, a utilização da técnica empregada neste tratamento não deve ser indicada para a esta cultivar de trigo, pois ocasionará prejuízos para o agricultor.

Os tratamentos 2 e 4 propiciaram os melhores resultados econômicos. No entanto o tratamento 2 foi o mais rentável, pois apesar de produzir menos que o tratamento 4, os custos de produção da técnica adotada no mesmo foram menores, necessitando assim de um menor valor de comercialização para cobrir seu custo de produção, o que reduz os riscos para o agricultor.

Desta forma apesar da interação positiva entre a *Azospirillum brasilense* com o regulador de crescimento via foliar (T4) no que diz respeito a produtividade, o uso exclusivo da bactéria (T2) também permitiu boa produtividade sem onerar os custos de produção. Por isso a melhor viabilidade econômica foi observada no tratamento 2.

7 CONCLUSÕES

A interação entre o regulador de crescimento via foliar com a *A.brasilense* não ocasiona aumentos significativos para o rendimento comparado a testemunha para esta cultivar;

A associação de *A.brasilense* e do regulador de crescimento via sementes ocasiona uma interação negativa para o rendimento na cultivar utilizada;

A utilização do regulador de crescimento via semente ou aplicado via foliar não propicia menor porte de plantas, nem menor índice de acamamento para esta cultivar;

Não há efeito significativo dos tratamentos avaliados para as variáveis PH, Grãos espiga⁻¹, Número de espigas m⁻², Número de perfilhos planta⁻¹ e Massa de Mil grãos nesta cultivar;

A utilização da *A. brasilense* sem presença do regulador de crescimento caracteriza-se como a tecnologia mais viável economicamente e propicia o menor porte de plantas;

Propõe-se a realização de estudos específicos tanto para a interação negativa observada entre o regulador de crescimento aplicado nas sementes e *A. brasilense* no que diz respeito ao rendimento, quanto sobre o efeito do uso do regulador de crescimento no que diz respeito a sua incapacidade em reduzir o índice de acamamento.

REFERÊNCIAS

- AGROLINK. Histórico da cotação do Trigo nacional, [S. l.]. 2014. Disponível em: < <http://www.agrolink.com.br/cotacoes/historico/pr/trigo-em-grao-nacional-sc-60kg>>. Acesso em: 11 nov. 2014.
- APP. A. et al. Estimation of the nitrogen balance for irrigated rice and the contribution of phototrophic nitrogen fixation. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.9 p. 17-27, 1984.
- ARF, O. et al. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 36, n.6, p. 871-879, jun. 2001. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/pab/v36n6/a04v36n6>>. Acesso me: 19 nov.2014.
- BALDANI, V. L. D. et al. Establishment of inoculated *Azospirillum* spp. in the rhizosphere and in roots of field grown wheat and sorghum. **Plant and Soil**, Rio de Janeiro, v. 90, p. 35-46, 1986. Disponível em:< http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-94-009-4378-0_3#page-1>. Acesso em: 24 jun. 2014.
- BALDANI, J. I. et al. Characterization of *Herbaspirillum seropedicae* gen. nov. a root-associated nitrogen-fixing bacterium. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v.36, p.86-93, 1986. Disponível em :< <https://www.academia.edu/UploadPapers#>>. Acesso em: 25 jun. 2014.
- BARBOSA, J. Z; CONSALTER, R; VARGAS MOTTA, A. C. Fixação biológica de nitrogênio em Poaceae. **Evidência**, Joaçaba v. 12, n. 1, p. 7-18, jan. /jun. 2012.
- BOTTINI, R. et al. Identification of gibberellins A1, A3 and iso-A3 in cultures of *Azospirillum lipoferum*. **Plant Physiology**, [S. l.], v.90, p.45-47, 1989.
- CACCIARI, I. et al. Phytohormone-like substances produced by single and mixed diazotrophic cultures of *Azospirillum* and *Arthrobacter*. **Plant and Soil**, Roma, v.115, p.151-153, 1989. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007%2F978-94-009-4378-0_3#page-1>. Acesso em: 9 mai.2014.
- CANNON, F. C. et al. Chromosomal integration of *Klebsiella* nitrogen fixation genes in *Escherichia coli*. **Journal of General Microbiology**, Grã-Bretanha, v. 80, n. 1, p. 227-239, 1974.
- CAVALCANTE, V. A; DOBEREINER, J. A new acid-tolerant nitrogen-fixing bacterium with sugarcane. **Plant and Soil**, Rio de Janeiro, v. 108, p. 23-31, 1988. Disponível em:< <http://link.springer.com/article/10.1007/BF02370096#page-1>>. Acesso em: 25 jun. 2014.

CEPA. Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola. **Epagri**. Ago.2013. Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/?page_id=2696>. Acesso em: 13 nov.2014.

CHAVARRIA, G; MELLO, N. Bactérias do gênero *Azospirillum* e sua relação com gramíneas. **Revista Plantio Direto**. Passo Fundo, set./out. 2011. Disponível em:< http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=1075 >. Acesso em: 02 jul. 2014.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Mercado de Trigo: Situação recente**. [S. l.]: CONAB, 2013.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2012/2013. **Primeiro levantamento, Outubro/2012**. [S. l.]: CONAB, 2012.

CORDEIRO, L. Fixação Biológica do Nitrogênio. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 51-63.

COSTA, N. de L; DAROS, E. Bioestimulante como fator de produtividade da Cana-de-açúcar. 2010. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/878849/1/ClicNews20104.pdf>>. Acesso em: 1 jul. 2014.

CROZIER, Alan. et al. Analysis of indole-3-acetic acid and related indóis in culture medium from *Azospirillum lipoferum* and *Azospirillum brasilense*. **Applied and Environmental Microbiology**, [S. l.], v.54, p.2833-2837, jun./ago, 1988.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa. 382p. 2006.

DEGANI, Y; ATSMON, D; HALEVY, A. H. DNA synthesis and hormone induced elongation in the cucumber hypocotyl. **Nature**. [S.l.], v. 228, p. 554-557, nov.1970. Disponível em:< <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5472473>>. Acesso em: 16 jun. 2014.

DÍAZ-ZORITA, M; FERNÁNDEZ-CANIGIA, M. V. Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity. **European Journal of Soil Biology**, v.45, n. 1, p. 3-11. 2008.

DIDONET, A.D. **Aspectos do mecanismo de ação fisiológica associada à promoção do crescimento radicular de trigo (*Triticum aestivum* L.) por bactérias do gênero *Azospirillum***. 1993. 80 p. Tese (Doutorado Pós-Graduação Instituto de Biologia) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

DIETRICH, S. M. de C. Mecanismos de ação dos reguladores de crescimento. In: FERRI, M. G (Coord). **Fisiologia Vegetal** 2. 2. ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1979. Cap. 8, p. 213-229.

DIXON, R; EADY, R. R; ESPIN, G. Analysis of regulation of *Klebsiella pneumoniae* nitrogen fixation (*nif*) gene cluster with gene fusions. **Nature**, [S. l.] v. 286, p. 128-132, abr. 1980. Disponível em:
<<http://www.nature.com/nature/journal/v286/n5769/pdf/286128a0.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

DIXON, R; KAHN, D. Genetic regulation of biological nitrogen fixation. **Nature Reviews Microbiology**, [S. l.], v.2, p.621-631, ago. 2004. Disponível em:
<<http://www.nature.com/nrmicro/journal/v2/n8/full/nrmicro954.html>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

DOBBELAERE, S. et al. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* an *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. **Biology and Fertility of Soils**, [S. l.], v.36, p. 284- 297, out. 2002. Disponível em:
<<http://link.springer.com/article/10.1007/s00374-002-0534-9>>. Acesso em: 11mai. 2014.

DOBEREINER, J; BALDANI, V. L, D; BALDANI, J. I. et al. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas**. Embrapa gado de corte, Itaguaí: EMBRAPA-CNPAB, 1995. 60p.

DOBEREINER, J. Fixação de Nitrogênio em Associação com Gramíneas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; Tsai, S, M.; NEVES, M. C. P. (coords). Microbiologia do Solo. Campinas: VIEIRA GRÁFICA E EDITORA LTDA, 1992. cap.12, p.173-178.

DOBEREINER, J; MARRIEL, I. E; NERY, M. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. **Can. J. Microbiol**, Ottawa, v.22, p.1464-1473, out. 1976. Disponível em:
<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10062>>. Acesso em: 16 jun. 2014.

DONZELI, V.P. **Atividade de alguns componentes da comunidade microbiana do solo e microrganismos diazotróficos endofíticos sob influência do nitrogênio na cultura do milho**. 2002. 84p. Dissertação (Mestrado Pós-Graduação Instituto de Biologia) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

EADY, R. R. The dinitrogen-fixing bactéria. In: BALLOWS, A. et al. (eds). **The Prokaryotes**. 2. ed. Nova York: Spring-Verlag, 1991. cap.22.

ECKERT, B. et al. *Azospirillum doebereineriae* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with the C4-grass *Miscanthus*. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, [S.l.], v.51, p.17-26, jan. 2001.

EMBRAPA e IAPAR. **Cultivares de Trigo e Triticale**. EMBRAPA Soja. Londrina, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Trigo**. Passo Fundo, dez. 2003. Disponível em: < http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci14_1.htm >. Acesso em: 25 jun. 2014.

EVANS, L. T. et al. Trigo: *Triticum aestivum* L. In: CASTRO, P. R. C; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de Cultivos anuais**. 1. ed. São Paulo: Nobel, 1999. p. 35.

FELIPPE, G. M. Desenvolvimento. In: FERRI, M. G (Coord). **Fisiologia Vegetal 2**. 2. ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1979. cap. 1, p. 1-38.

FIGUEIREDO, Samuel Luiz. **Comportamento produtivo do trigo em função da densidade de semeadura e da aplicação de reguladores vegetais**. 2011. 66p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu. 2011.

GILLES, M. et al. *Acetobacter diazotrophicus* sp. nov. A nitrogen fixing acidic acetic acid bacterium associated with sugar cane. **International Journal of Systematic Bacteriology**, Washington, v.39, p.361-364, 1989.

GURGEL, F. L. **A cultura do Trigo**. Curitiba. UFPR, 2007. 31 p.

HABER, A; FOARD, D. E; PERDUE, S. W. Ações de giberélico e ácidos abscísico sobre a germinação de sementes de alfafa, sem ações sobre a síntese de DNA nuclear. **Plant Physiol.** [S.l.], v.44, p. 463-467, mar. 1969. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC396110/> >. Acesso em: 16 jun. 2014.

HUERGO, L.F. **Regulação do metabolismo do nitrogênio em *Azospirillum brasilense***. 2006. 170p. Tese (Doutorado Pós-Graduação em Ciências Bioquímica) - Ciências Bioquímica, Universidade federal do Paraná, Curitiba, 2006.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Sugestão de Adubação e Calagem para Culturas de Interesse Econômico no Estado do Paraná**. Disponível em: < http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/ct_128.pdf >. Acesso em: 12 mai. 2014.

- JANDREY, P.E. et al. Dias para espigamento, altura de plantas e índice de acamamento em genótipos de trigo. **Ciência Agrária Paranaense**. Marechal Cândido Rondon, v.11, p.32-37, 2012. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Frevista.unioeste.br%2Findex.php%2Fscientiaagraria%2Farticle%2Fdownload%2F7867%2F5822&ei=2_FsVK3VEMuYgwSg54PwCQ&usg=AFQjCNHOTKBOLFj5KwLgA_giqlQ8W6v2nw&sig2=tGwdX6OnpLHzDYPnzjdxQ>. Acesso em: 19 nov. 2014.
- MAGALHÃES, F. M. M. et al. A new acid-tolerant *Azospirillum* species. **Anais da academia brasileira de ciências**. Rio de Janeiro, v.55, n.4, p.417-430, 1983.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. Institute of Plant Nutrition University of Hohenheim, Academic Press: Germany, 1995. 889 p.
- MARTINS, M. B. G.; CASTRO, P. R. C. Reguladores vegetais e a anatomia da folha de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Ângela Gigante. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v.56, n. 3, p. 693-703, jul, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161999000300026&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 10 mai.2014.
- MENDES, Marcelo Cruz. et al. Avaliação da eficiência agronômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 4, n.3, p.95-110, set./dez, 2011.
- MOREIRA, F. M. S; SIQUEIRA, J. O. Transformações Bioquímicas e Ciclos dos Elementos no Solo: Nitrogênio. In: MOREIRA, F. M. S; SIQUEIRA, J. O (Aut). **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. Lavras. UFLA, 2006. p. 729.
- MUNDSTOCK, C.M. Perdas de Rendimento por Intempéries: Acamamento. In: MUNDSTOCK, C.M. (Org). **Planejamento e Manejo Integrado da Lavoura de Trigo**. Porto Alegre: Evangraf, 1999. p. 178.
- NEVES, M. C. P; RUMJANECK, N. G. Bioquímica e Fisiologia da Fixação Biológica de Nitrogênio. In: CARDOSO, E. J. B. N.; Tsai, S, M.; NEVES, M. C. P. (coords). **Microbiologia do Solo**. Campinas: VIEIRA GRÁFICA E EDITORA LTDA, 1992. cap.10, p. 141-149.
- NOVAKOWISKI, Jaqueline Huzar; SANDINI, Itacir Eloi. **Biorregulador em trigo: efeito de cultivar e estágio fenológico de aplicação**. Guarapuava. [S. n.], 2010. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/220854364/Biorregulador-Em-Trigo-Efeito-de-Cultivar-e-Estadio-Fenologico-de-Aplicacao>>. Acesso em: 18 mai. 2014.

OKON, Yaacov; LABANDERA-GONZALES, Carlos A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. **Soil Biology and Biochemistry**, Issue, v.26, p.1591-1601, dez, 1994.

OKON, Y. *Azospirillum* as a potential inoculant for agriculture. **Trends Biotechnol**, Amsterdam, v. 3, p. 223-228, set. 1985. Disponível em : < [http://www.cell.com/trends/biotechnology/abstract/0167-7799\(85\)90012-5](http://www.cell.com/trends/biotechnology/abstract/0167-7799(85)90012-5)>. Acesso em: 17 jun. 2014.

ROSÁRIO, Jerônimo Gadens do. **Inoculação com *Azospirillum brasilense* associada à redução na adubação nitrogenada de cobertura em cultivares de trigo**. 2013. 71p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Guarapuava, 2013.

REINHOLD, B. et al. *Azospirillum halopraeferans* sp. Nov., a nitrogen fixing organismo associated with roots of Kallar grass. **International Journal of Systematic Bacteriologia**, Washington, v.37, p.43-51, 1987.

SELDIN, L; VAN ELSAS, J. D; PENIDO, E.G.C. *Bacillus azotofixans* sp. Nov. a nitrogen-fixing species from Brazilian soils and grass roots. . **International Journal of Systematic Bacteriologia**. Washington, v.34, p.451-456, 1984.

SILVA, A.A. O. et al. Ação do *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento das plantas de trigo (variedade IAC-24) e cevada (variedade CEV 95033). **ConScientiae Saúde**, São Paulo, v.3, p.29-35, 2004.

SILVA, Simone Alves. et al. Genetic basis of stay-green trait in bread wheat. **Journal of New Seeds**, Binghamton, v. 2, n. 1, p. 55-68, 2000.

SPEROTTO, R. A. et al. The electron transfer flavoprotein fixABCX gene products from *Azospirillum brasilense* show a NifA-dependent promoter regulation. **Current Microbiology**, Porto Alegre, v.49, p.267-273. out. 2004. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/8329125_The_electron_transfer_flavoprotein_fixABCX_gene_products_from_Azospirillum_brasilense_show_a_NifA-dependent_promoter_regulation?ev=prf_cit>. Acesso em: 14 jun. 2014.

SIQUEIRA, J.O; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília: Ministério da Educação, ABEAS, 1988. 236p.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. Assimilação de Nutrientes: Fixação biológica de Nitrogênio. In: TAIZ, ZEIGER (Aut). **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: ARTMED, 2013. Cap. 12, p. 343-368.

TARRAND, J. J; KRIEG, N. R; DOBEREINER, J. A Taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group with description of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum brasilense* sp. Nov. Can. J. Microbiol, Ottawa, v. 24, p. 967-980, ago. 1978. Disponível em : <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/356945> >. Acesso em: 23 jun. 2014.

TERUEL, D. A; SMIDERLE, O. J. Trigo: *Triticum aestivum* L. In: CASTRO, P. R. C; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de Cultivos anuais**. 1. ed. São Paulo: Nobel, 1999.p. 35-36.

APÊNDICE A – Fotografias do experimento

Fotografia 1 – Início da Semeadura



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 2 – Finalizando a Semeadura



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 3 – Fase de Alongamento



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 4 – Início do Espigamento



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 5 – Enchimento dos Grãos



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 6 – Aferição da Altura de Plantas



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 7 – Acamamento



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 8 – Espigas com início de Brusone



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 9 – Colheita (área útil da parcela)



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 10 – Trilhagem dos grãos



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 11 – Limpeza dos grãos



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 12 – Coleta de Espigas



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 13 – Aferição do acamamento



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 14 – Contagem do N° de Perfilhos



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 15 - Pesagem dos grãos



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 16 – Medidor de Umidade e PH



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 17 – Contagem de 300 grãos



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 18 – Pesagem de 300 grãos



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 19 – Aferição do N° grãos.espiga⁻¹

Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 20- Espiga sadia e com Brusone



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Nota: Espiga contaminada com Brusone (à esquerda) e sadia (à direita).

Fotografia 21 – Stimulate®



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Nota: Produto comercial a base de hormônios reguladores de crescimento.

Fotografia 22 – Masterfix gramíneas®



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

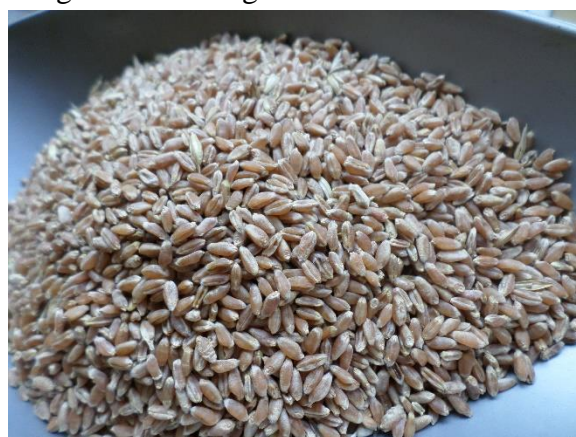
Nota: Produto comercial com a solução de *Azospirillum brasilense* em meio líquido.

Fotografia 23 – Abertura da Trincheira



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

Fotografia 24 – Trigo colhido



Fonte: Elaborada pelo autor, 2014.

62

Tecsolo

LABORATÓRIO DE ANÁLISES AGRONÔMICAS

Av. Manoel Ribas, 4253 CEP 85.055-010 Guarapuava - Paraná
Fone/fax (42) 3035-1117 - E-mail labtecsolo@yahoo.com.br

LAUDO DE CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

PREVISTO NO ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCO CLIMÁTICO DIVULGADO PELO
MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

Para recomendação de calagem e adubação procure um Engenheiro Agrônomo

Nome: **Eliveltom Mendes Lopes**

Origem: Coprossel

Endereço: Laranjeiras do Sul

Propriedade: Não fornecido

Data: 12/05/2014

| Número | Gleba | Areia | Silte | Argila | Prof. de Coleta do Solo | Mudança de Textura | Especificação do Solo* |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------------------------|--------------------|------------------------|
| 158092 01 | | 25 | 20 | 55 | 0-50 cm | Não ocorre | Tipo 3 |

Observações:

* Especificação do solo conforme Instrução Normativa nro. 10 de 14/06/2005, publicada no DOU de 16/06/2005, Seção 1, página 12, alterada para Instrução Normativa nro. 12, através de retificação publicada no DOU de 17/06/2006, Seção 1, página 06.


Luiz Felipe Basile Ribeiro
CREA 27.164-D (PR)

Tecsolo Análises Agronômicas

Faça análise de solos e evite desperdícios

Av. Manoel Ribas, 4253 - Guarapuava

Fone/Fax: (042) 3035-1117

Laudo de Interpretação de Análise de Solo

Identificação

Número: 158092/2 Data da análise: 12/05/2014

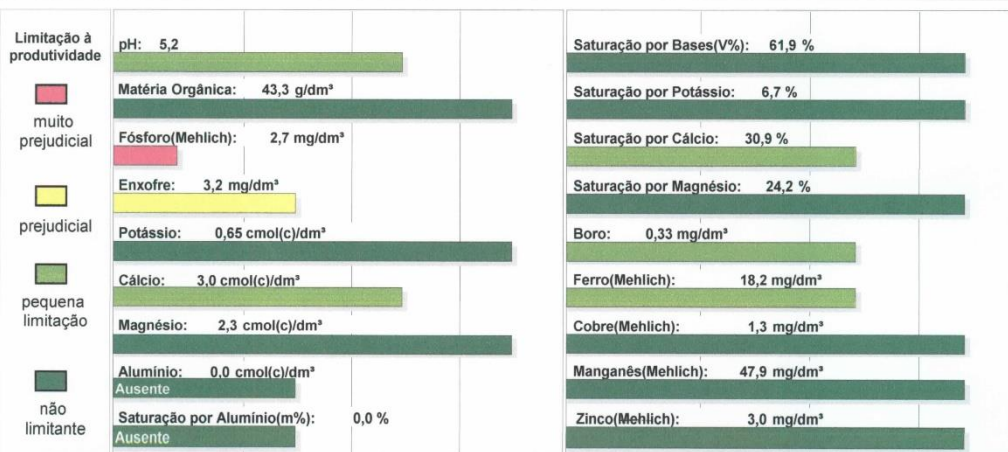
Nome: Elivelton Mendes Lopes

Gleba: 01

Propriedade: Não fornecido

Textura: Argilosa

Cultura: não fornecido



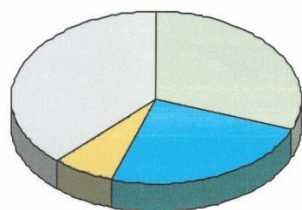
Fertigrama



Legenda

Polígono cinza:
representa a condição da amostra atual em relação ao ideal (linha azul). Quanto maior a área cinza, melhor a qualidade nutricional do solo para as plantas

Ocupação Percentual da Capacidade de Troca (% da CTC)



Legenda

| | % | Padrões |
|------------|------|---------|
| Cálcio | 30,9 | 35-50% |
| Magnésio | 24,2 | 10-20% |
| Potássio | 6,7 | 3-5% |
| Hidrogênio | 38,1 | 20-35% |
| Alumínio | 0,0 | 0% |

CTC Total: 9,6
CTC Efetiva: 6,0
cmol(c)/dm³

Observação:

Responsabilidade Técnica

Luiz Felipe Basile Ribeiro

Eng. Agrônomo CREA 27.164-D (PR)

Impresso em: 13/05/2014

Elaborado com o programa **CliqSolo**